

英國離岸風電發展政策與策略研析

The Analysis of the UK Offshore Wind Development Policy and Strategy

王珮蓉^{1*}、李欣哲²、朱正男³

工業技術研究院綠能與環境研究所

Pei-Jung Wang^{1*}, Shin-Je Li², Cheng-Nan Chu³

Green Energy and Environment Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute

摘要 英國發展離岸風電至今已有十餘年，目前已成為全世界離岸風電最大開發市場，英國政府更立下 2030 年離岸風電裝置容量要達到 39GW 的目標。英國能有如此傲人成就，除了擁有豐富的海上風力資源，政府積極投入與各項政策支援更是成功關鍵，包含從區塊開發過程累積發展經驗、訂定專法以促成跨部會共同合作、建立資訊公開交流管道、支援利害關係者協商，以及透過資金、技術和各種策略來打造國內產業供應鏈，以設法降低離岸風電成本，並創造國內就業市場。

關鍵詞：英國、離岸風電、區塊開發、海域空間規劃。

Abstract

The UK has developed offshore wind for more than a decade. Today the UK has become the world's leading offshore market, and set up a goal for the offshore wind capacity is to meet 39GW by 2030. The UK success is not only depend on the abundant wind resource, but also rely on the backbone of the UK Government's energy policy and strategy, which are include learning from zonal development, passing national legislation to integrate all the government resources, providing open data and information, supporting the cooperation between stakeholders, and strengthening the supply chain through financial、technical and other supports to reduce the cost and increase the job opportunity.

Keywords: UK, Offshore wind, Zonal Development, Marine Spatial Planning.

I. 前言

2005 年 6 月英國僅有 62 架離岸風機，共 124 MW，但十年後，根據 RenewableUK 公告統計資料，至 2015 年 6 月英國已商轉之離岸風機共有 1,452 架，總裝置容量達 5,045 MW。目前離岸風電已占電力供應量 5%，預計 2020 年可達到 10%。由於四面環海的英國擁有豐富的風力資源，因此政府將推動離岸風電視為國家重要能源政策之一，發展至今也展現極為亮眼之成果，不僅成為世界離岸風電最大開發市場，併網裝置容量與風機數量均位居世界之冠，甚至勝過世界其他國家加總數量。英國政府更立下 2030 年離岸風電裝置容量要達到 39GW 的目標。本研究將深入探討英國離岸風電發展政策，以及各項配套與策略措施，期可作為我國發展離岸風電之參考借鏡。

II. 英國離岸風電發展沿革

2000 年英國在北海完成第一座離岸示範風場 (Blyth)，於離岸約 1 公里處架設 2 架 2MW 的風機。透過此示範風場之建置，英國不僅首度展現發展離岸風電之決心與實力，亦藉此蒐集海域環境對於風機的影響分析資料，為之後的離岸風電發展奠定了重要的基礎。後續，為了有系統地展開發展規劃，英國採取「區域劃分」方式進行階段性開發，分別於 2000 年、2003 年及 2009 年公告 Round 1~Round 3 三個階段，並分別於 2001 年、2003 年及 2010 年正式啟動。Round 1 至今共完成商轉 13 個開發案，總裝置容量 1.2 GW；Round 2 預計共達成 16 個開發案，總裝置容量 6 GW，其中 12 座已完工商轉，共約 3.8 GW；2010 年針對 Round 1 與 Round 2 其中 4 座風場進行擴建，稱為 Round 1 and Round 2 Extensions，加總原有共達 33 座風場，總裝置容量達 8.5 GW。而 Round 3 可開發規模高達 33 GW。各階段發展現況如表 1 所示：

表 1 英國 Round 1-Round 3 離岸風電發展現況

場址	開發商	裝置容量 (MW)	狀態
Round 1 - 2001			
Barrow	DONG Energy	90	Operational
Beatrice Demo	SSE Renewables	10	Operational
Blyth	E.ON UK Renewables	4	Operational
Burbo Bank	DONG Energy	90	Operational
Gunfleet Sands I	DONG Energy & Marubeni	108	Operational
Lynn & Inner Dowsing	Centrica Renewable Energy Ltd	194	Operational
Kentish Flats	Vattenfall	90	Operational
North Hoyle	RWE Npower Renewables	60	Operational
Ormonde	Vattenfall	150	Operational
Rhyl Flats	RWE Npower Renewables	90	Operational
Robin Rigg	E.ON UK Renewables	174	Operational
Scroby Sands	E.ON UK Renewables	60	Operational
Teesside	EdF	62	Operational
Cirrus Array (Shell Flats)	N/A	270	Withdrawn
Cromer	N/A	108	Withdrawn
Scarweather Sands	N/A	108	Withdrawn
Round 2 - 2002			
Thanet	Vattenfall	300	Operational
Walney I	DONG Energy / SSE Renewables/ Ampere Equity / PGGM	183.6	Operational

場址	開發商	裝置容量 (MW)	狀態
Walney 2	DONG Energy / SSE Renewables/ Ampere Equity / PGGM	183.6	Operational
Greater Gabbard	SSE Renewables, RWE Npower Renewables	504	Operational
Gunfleet Sands II	DONG Energy & Marubeni	64.8	Operational
Sheringham Shoal	Scira Offshore Energy Ltd	317	Operational
Gwynt Y Mor	RWE Innogy / SWM / Siemens	576	Operational
Lincs	Centrica	270	Operational
London Array I	DONG Energy / E.On Renewables / Masdar	630	Operational
Humber Gateway	E.ON UK Renewables	219	Operational
West of Duddon Sands	Scottish Power/DONG Energy	389	Operational
Westermmost Rough	DONG Energy	210	Operational
Dudgeon	Statoil & Statkraft	402	Approved
Race Bank	DONG Energy	580	Approved
London Array II	DONG Energy / E.On Renewables / Masdar	240	Withdrawn
Triton Knoll	RWE Npower / Statkraft	900	Approved
Docking Shoal	Centrica	540	Refused
Round 3 - 2010			
Moray Firth	Repsol / EDP Renováveis	1,000	Approved
Firth of Forth	SeaGreen Wind energy Ltd (SSE Renewables, Fluor)	3,465	First Project Approved
Dogger Bank	Forewind Consortia (SSE Renewables, RWE Npower Renewables, Statoil and Statkraft)	4,800	Approved
Hornsea 1 (Heron & Njord)	DONG Energy	1,200	Approved
Hornsea 2 (Optimus Wind & Breesea)	Smart Wind Consortia (Mainstream Renewable Power, Siemens Project Ventures)	1,800	Submitted PINS
East Anglia	East Anglia Offshore Wind Ltd (Scottish Power Renewables)	7,200	First Project Approved
Rampion	E.On Climate and Renewables	400	Approved
Navitus Bay	Eneco New Energy and EDF	970	Refused
Celtic Array	Centrica & DONG Energy	4,200	Withdrawn
Atlantic Array	RWE Npower Renewables	1,200	Withdrawn
Round 1 and 2 Extension Sites - 2010			
Galloper	RWE Npower Renewables	336	Approved
Kentish Flats 2 Extension	Vattenfall	50	Under Construction
Burbo Bank Extension	DONG Energy	258	Approved
Walney III	DONG Energy	660	Approved

III. 英國離岸風電區塊開發之策略 英國發展離岸風電並非一蹴可及，係透過 Round 1 至 Round 3 的經驗過程來學習且不斷精進。根據英國區塊開發經驗，Round 1 公告時為示範性質，並未劃定開發區域，僅規定必須於 12 海浬之領海範圍以內，每個風場必須間隔 10 公里以上，案子小進行速度雖快，但原承接的廠商規模亦小，常發生中途產權移轉的狀況。2003 年公告 Round 2，則由政府先選擇 3 個主要海域區塊，已先排除生態敏感及環境影響區域，再進行可開發區域之公告，徵求有投資意願業者提出開發計畫；此階段案子相對較多且規模較大，然而由於當時沒有進行供應鏈與利害關係者整合，導致開發過程浪費許多時間與金錢。有鑑於此，在 2008 年公告 Round 3 後，除了承襲 Round 2 作法，由政府劃定區域並完成政策環評 (Strategic Environmental Assessment, SEA) 後再公告可開發區域，徵選合適開發商，並開始進行供應鏈與利害關係者協商，將風險管理、降低時間與金錢成本列為最重要的策略目標。

英國政府在公告離岸風電開發區塊前，已先行負責蒐集匯整所有風場相關資料，包含各種海上活動區域範圍，以建構海洋資源系統 (Marine Resource System, MaRS)，藉此判定合適之風場開發區域，並可減少開發商的風險與負擔。然而，這些劃定的離岸風場開發區域，並非代表已准許可直接設置風機，僅是提供一個參考範圍，開發商仍必須依據更詳細的環境資料，以決定風機的設置點。以英國於 2015 年唯一啟動建設的離岸風場 Kentish Flats Extension 為例，開發商在場址規劃過程中，除了考量地質條件 (避開海底岩石)、潛在天然氣田位址、安裝船的運行路線 (避開淺海區域)、鳥類主要活動區，並辨識可能有未爆彈的地點 (如圖 1)，以避開限制區域，甚至施工時程規劃也將鯡魚排卵季節 (2015 年 2 月 14 日至 4 月 30 日) 納入考量，停止海上施工作業。電纜鋪設工作同樣需考量鳥類築巢而有季節性限制，為此開發商針對特定鳥類 (例如 Red Throated Diver) 展開大規模調查。此外，Kentish Flats Extension 的開發商 Vattenfall 亦特別建置一網站，公開此開發案所有相關進度資料 (<http://kentishflatsextension.vattenfall.co.uk/>)，包含工程範圍、作業期程規劃等，以及提供給海上其他利害相關業者的注意事項。

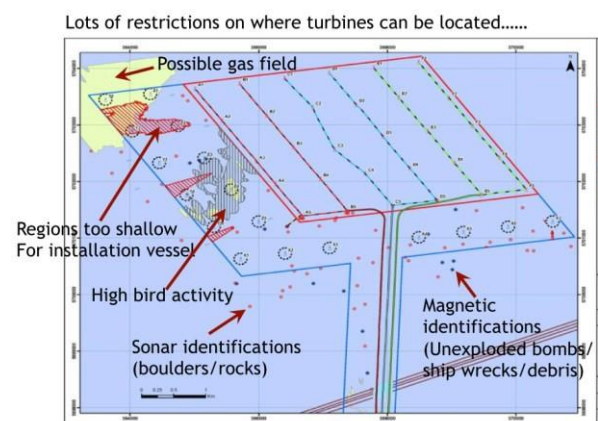


圖 1 Kentish Flats Extension 場址規劃限制考量

資料來源：IT power, 2015

IV. 英國離岸風電資訊公開交流管道 在離岸

風電推動過程中，英國政府主動持續進行離岸風電各項相關資訊蒐集彙整，並定期更新公開離岸風電報告，完整呈現英國離岸風電推動成果、各風場現況、投資情形、供應鏈、技術支援以及永續發展的相關資料，讓所有利害關係者能清楚掌握發展現況而有充分的信心持續投入相關資源。此外，英國政府亦建置離岸風電數據匯整資料庫（UK Wind Resource Dataset），利用精確模型分析 30 年的離岸風電數據資料，其中包含大量的海上風力資訊，全部公開於 Crown Estate 所建置的海洋資訊交流平台（Marine Data Exchange, <http://www.marinedataexchange.co.uk/>）。此外，針對業者在開發過程中可能會遇到的問題，英國政府也提供各項諮詢管道，包含專門處理漁業與離岸風電問題的溝通指引、離岸風場開發之 Best Practice、海上勞工作業安全與健康指引，以及匯整所有離岸風電開發商的規劃時程報告等，各種相關資訊均有專責單位負責產出更新並公開於網路平台上。這些政府提供的資訊，有效協助開發商縮短摸索時間與犯錯機率，間接降低投入成本，加速離岸風電發展效率。

V. 英國發展離岸風電之政策規劃與分工 英國

發展離岸風電至今之成效，亦歸功於其完善且細緻的政策制度規劃，從法規之訂定即可看出政府各部門間具良好政策分工。英國離岸風電相關法規訂定主要分為四個面向：海洋空間利用、建造與營運申請、電力傳輸，以及財務支援。其中，英國皇家財產局(Crown Estate)負責建立海洋空間利用的相關規定，必須考量選址、利害關係者，以及國土租用區塊。在建造與營運申請方面，則是由政府負責訂定規則，如蘇格蘭外海的風場開發申請，就是由蘇格蘭政府負責制訂。此外，由於開發商必須確保風電能夠順利併聯電網，因此往往自行建造電纜，以確保風場建好後可以隨時併聯，然而依照規定發電業者不能擁有電纜，因此交由政府單位 Ofgem 進行拍賣，以決定最終的離岸風電傳輸商（Offshore Transmission Owners, OFTOs），競標管理規則亦是由 Ofgem 負責訂定，確保降低電力傳輸成本，並具有最高傳輸效益與服務品質。最後有關財務支援的部分，2014 年所推出之價差合約制（Contract for Difference, CfD）即是提供風電投資者有利的誘因而願意投入開發，20 年的合約保障讓開發商可有效掌握其財務規劃。

VI. 英國海洋空間規劃與管理 值得一提的

是，英國是全世界第一個提出海洋空間規劃的國家，從 2002 年至今完整依照規劃執行，並以 5 年的時間，特別針對此規劃於 2009 年通過一海洋法案（the Marine and Coastal Access Act），在此法下成立一海洋管理組織 Marine Management Organization (MMO)，負責全面性的規劃與執行。2011 年英國進一步公告海洋政策聲明 (Marine Policy Statement, MPS)，成為該國所有海洋相關規劃與策略之政策指導方針。於 2014 年 4 月，MMO 正式公佈了英國首批海洋計畫，範圍包括東部海岸計畫 (East Inshore) 以及東部海域計畫 (East Offshore)。此計畫建立在海洋政策聲明以及其他國家政策框架與規範下，同時也賦予 MMO 與其他公部門

協商合作之權力與義務，以確保跨部門單位之有效溝通協調，並可在執行過程中，保障各方共同利益。這不僅是英國正式確定的海洋區域規劃之一，更對英國海洋的全方位管理具有相當重要意義。

此外，蘇格蘭政府亦於 2010 年 3 月公告海洋法 Marine (Scotland) Act，確保所建置之國家海洋規劃（National Marine Planning）具法源依據。此規劃案主要針對蘇格蘭海域上所有經濟活動建立了一套完整的法定規劃架構，包括對於海上漁業與船舶交通，以及離岸風電與海洋能發展的永續管理政策；並從 2010 年 6 月展開利害關係人諮詢會議，俾確認所涵蓋的範圍架構，經過 5 年的討論、分析與修正，2015 年 3 月 27 日正式將所有相關文件公開於網路上，讓更多的人能夠共同檢視，並在三年內完成相關立法或法規修訂，以確保該規劃案能夠更有效被執行。

VII. 英國離岸風電發展與漁業共存共榮策略 包含

英國，許多發展離岸風電的國家均面臨與漁業或地方團體溝通協調問題，甚至導致風場延遲開發或取消，因此如何建立漁業/地方團體與風場共存共榮機制，則成為重要關鍵議題。

英國政府自 2002 年起已成立相關單位（The Fishing Liaison with Offshore Wind and Wet Renewables Group, FLOWW）專責處理漁業與離岸風電之間的競合問題，並提供雙方相關資訊以利溝通協，甚至建立指引（FLOWW Best Practice Guidance for Offshore Renewables Developments: Recommendations for Fisheries Liaison）協助開發商與漁業團體達成共識，同時亦規範業主執行相關措施，以符合漁業團體需求，包括開發商必須提出「fishing liaison plan」，重點在於開發商內部需有一特別處理漁業權的人員（Company Fishing Liaison Officer），以及設法在漁業團體中找到能夠被信任的代表（Fishing Industry Representatives），以建立雙方溝通管道。

針對與漁民溝通的方式，英國政府要求開發商須於規畫階段就針對開發場址進行調查（瞭解漁獲量、漁獲品種、作業漁法等），因此開發商均委託專業研究顧問單位以具公信力之設備儀器，蒐集量測漁場相關資料，包括利用高科技儀器或追蹤器偵測魚群，以瞭解風機設置對於魚群數量的影響（也可能有聚魚效果），藉由研究成果展現，讓雙方可有效針對數據面進行理性的溝通討論與調整風場規畫，以達成雙方共識。然而，為減輕開發業者負擔，英國政府在公告開發區域前，先行完成政策環評排除生態敏感及環境影響區域，並持續提供開放性海上數據資料，以協助業者與利害關係者的溝通。

此外，當風場在施工期間必須禁止漁船靠近時，開發商所提供的補助款統一交由基金管理，並透過基金管理單位分配發放適當的補貼；由於每個漁場狀況不同（如魚種、捕魚期間），所發放補助款項也不同，此部分由第三方單位進行評估，將可減少開發商與漁業團體直接的爭議與衝突。

VIII. 英國離岸風電未來發展 離岸風電在

英國已是相當成熟的技術產業，裝置容量也是世界第一，並為英國產業帶來多重經濟效益。如

今英國已裝設超過 1,000 架風機，約 5 GW，在政策的支持下，預計 2020 年前將可再裝設超過 10 GW，至今已經有 7.4GW 獲得許可（圖 2）。英國政府認為，實現此發展目標，並支持離岸風電永續發展之最重要關鍵為降低成本，以及創造大量就業機會。

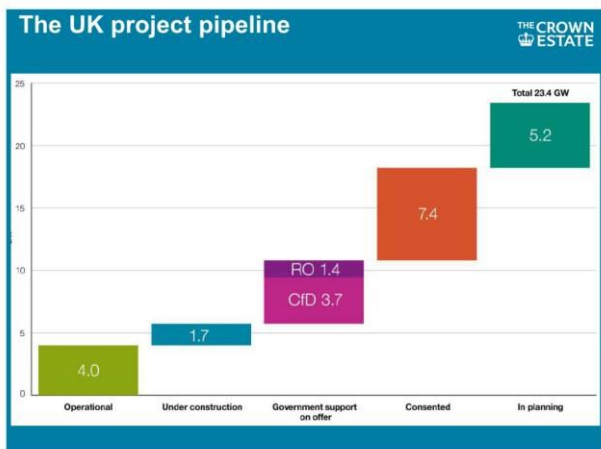


圖 2 英國離岸風電發展規劃

資料來源：the Crown Estate, 2015

過去 5 年來，離岸風電成本已經下降 11%，根據英國政府分析報告指出 2020 年有機會達成 £100/MWh 目標，並認為到 2020 年期間，離岸風電將有機會比新設核能發電便宜，2030 年其價格將足以於電力市場競爭。就業方面，2008 年英國統計離岸風電相關領域僅有 700 位員工，如今卻有超過 13,000 直接與間接就業人力，並預計未來 10 年將可增加至 44,000 人。在降低成本方面，英國考量到未來不僅風機尺寸變

大，營運規模與速度擴張，技術也將有所成長，預計發電成本可望下降，英國政府將透過政策（保證 15 年獲利價格）增加投資者信心，以擁有歐洲最大市場規模為誘因，吸引國際業者進駐建廠，於英國建立產業供應鏈，不僅可加速整體發展成本下降，亦可為國內帶來龐大的就業機會與商機。

IX. 英國離岸風電產業供應鏈推動策略

英國政府為建立產業供應鏈，已陸續展開許多策略。2013 年 8 月發表離岸風電產業策略白皮書（Offshore Wind Industrial Strategy - Business and Government Action），主要包含五大面向：(1) 展現可預見的市場需求以提升投資業者信心指數；(2) 建立具競爭力之產業供應鏈；(3) 創新技術支援；(4) 財務；(5) 建立高值化技術工作能量。

由於英國政府在推動離岸風電過程中相當重視與利害關係者協商，針對不同議題均由上而下成立專責單位進行相關推動工作。在產業方面，Offshore Wind Programme Board 即是在英國政府主導下，由產官學共同成立之組織平台，共同執行離岸風電開發，並協助降低成本。2014 年 6 月 Offshore Wind Programme Board 與 Crown Estate 在離岸風電產業委員會（Offshore Wind Industry Council）協助之下，公告離岸風電計畫時程表（Offshore Wind Project Timelines），清楚展現開發商在每一個階段的時程規劃，以吸引更多產業供應鏈加入。

在財務支援方面，英國政府成立綠能投資銀行

（Green Investment Bank），協助開發商得到專案融資。在人才培訓方面，英國於 2014 年 12 月宣告將於 Humber 創辦風能國立大學（National College for Wind Energy），以培育陸域風電與海上再生能源專業技術人才，預計將於 2016 年底開放招生，除了招募一般新生、專業領域的在職生，並可針對企業量身訂作相關培訓課程，以因應英國風電市場上大量的專業人力空缺。

X. 結論與建議 英國能有如此傲人

成就，除了得天獨厚的海上風力

資源，政府積極投入與各項政策支援更是成功關鍵，歸納前述，特別值得我國借鏡的重點包含：一、訂定專法並成立專責單位負責海域空間規劃與跨部門合作；二、建立資訊蒐集與交流管道；三、支援利害關係者協商；四、強化產業供應鏈。英國政府不僅透過政策支援讓相關產業能夠有效整合，並設法讓利害關係者參與以瞭解每個階段的進展，增加彼此互信合作機會，以減少各項阻礙與衝突。現階段英國更是著力於設法降低離岸風電成本並讓產業持續成長，方法包含透過產官學研合作研擬策略、進行計畫監測以準確掌握每個階段的資訊，以及產業間的相互合作等。

臺灣四面環海，同樣擁有豐富的海洋資源，漁業與海運也均扮演重要的經濟角色，近年隨著海洋遊憩需求遽增，加上新能源的開發利用，海域空間與資源的利用範圍越來越廣，牽涉到的預期與新興使用者也將越來越多；然而海洋的環境保育已成為國際議題，各國在追求經濟發展之同時，均必須納入永續經營之思維。建議我國應更積極正視海洋空間規劃議題，除參考英國發展經驗，亦可依循聯合國文教組織政府間海洋學委員會（IOC/UNESCO）所建立之「海洋空間規劃指引」（Step-by-Step Approach for Marine Spatial Planning toward Ecosystem-based Management），針對我國經濟海域釐清各項資源與經濟活動，並對海洋相關政策與事務進行統合性規劃與推動，主動建立準則讓所有利害關係者得以遵循，並協助降低開發風險。

再者，相較於英國，我國離岸風電目前尚處於起步階段，儘管我國已針對離岸風電發展完成至 2030 年的時程規劃，但仍有諸多難關尚待克服，除了氣候條件限制、海洋環境與生態保育議題外，其他還包含基礎設施、政策支援，以及海洋工程等。英國與臺灣一樣，國內並無風機系統本土廠商，但英國本土企業在 EPC（採購、設計、建造、安裝等統包）、海事工程與佈纜方面卻擁有轉型開發潛力，因此在政府完善的政策規劃支持下，得以成長茁壯，擁有自主施工之能量。同樣，我國開發商亦能藉由離岸風電場的設置，引進國外技術，並結合國內相關資通訊、電機、金屬機械產業及海事營造工程之優勢，育成風力發電產業，然而這需仰賴政府策略支援與引導。

由於英國的成功並非一蹴可及，而是在十幾年的發展過程中不斷累積經驗並且改進成長，我國不僅可參考其成功經驗，更重要的是不可重蹈覆轍，以減少發展過程不必要的時間與金錢消耗。因此，臺灣可借鏡英國，掌握業者所需的政策協助，除了針對發電量提供有限的金錢補助之外，建議優先將政府資源投入於前述關鍵議題，透過法規、資金、資訊等政策工具，減輕業者負擔，

使其能全力投入技術開發，降低發電成本，吸引國內企業看到未來轉型商機，進而願意投入，帶動更多相關專業人力需求，並規劃國家人才培訓，以扶植國內更多企業能量，創造更多就業市場。同時，由政府以國家整體長遠發展決策者高度，主導調和所有利害關係者，對離岸風電相關政策事務進行統合規劃與協調，以打造國內優良發展環境，除了展現政府推動決心，亦提供實質協助，帶動企業投入信心，以實現 2030 年離岸風電發展願景目標。

XI. 誌謝 本論文承蒙經濟部能源局 104 年度「低碳能源環境建構與整合計畫」支持，謹致謝忱。

參考文獻

- [1] “Best Practice Guidance for Offshore Renewables Developments: Recommendations for Fisheries Liaison,” FLOWW, January 2014.
- [2] “Cost Reduction Monitoring Framework- Summary Report to the Offshore Wind Programme Board,” The Offshore Wind Industry Council, February 2015.
- [3] “Offshore Wind Cost Reduction- Pathways Study,” the Crown Estate, May 2012.
- [4] “Offshore Wind Industrial Strategy– Business and Government Action, HM Government,” HM Government, UK, August 2013
- [5] “Our Offshore Energy Future – Actions for Growth,” RenewableUK, June 2015.
- [6] “RENEWABLES 2015 GLOBAL STATUS REPORT,” REN21, March 2015.
- [7] “Renewable energy in 2014,” DECC, June 2015.
- [8] “UK Offshore Wind Resource Dataset 2015,” the Crown Estate, 2015.
- [9] “Offshore wind Operational report 2015,” the Crown Estate, February 2015.
- [10] “UK Offshore Wind: Opportunities for trade and investment,” UK Trade & Investment, 2014.