

PAOLO ROVATI

L'ENERGIA EOLICA IN SPAGNA

Wind energy in Spain

Durante il XX secolo si è sviluppato in gran parte del pianeta un modello di produzione di energia elettrica basato soprattutto sulla capacità delle centrali termiche di adattarsi efficacemente alle necessità della domanda mediante l'impiego di combustibili fossili. La crisi che nel 1973 ha colpito soprattutto gli Stati occidentali maggiormente industrializzati, come conseguenza della decisione dei paesi appartenenti all'OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) di nazionalizzare le compagnie petrolifere, di innalzare unilateralmente il prezzo del greggio e di limitare l'estrazione e il commercio del petrolio, ha rivelato però la precarietà del sistema e ha portato ad una più intensa ricerca di fonti alternative, sostitutive o quantomeno complementari di approvvigionamento energetico.

È così che la necessità di ridurre la dipendenza dal mercato estero e la nascita dei primi significativi movimenti ecologisti, preoccupati soprattutto dei potenziali rischi ambientali e del crescente aumento delle emissioni di CO₂, in gran parte responsabili del cambiamento climatico, hanno generato un notevole impulso verso la ricerca e l'applicazione di nuove fonti energetiche.

Le tecnologie di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili stanno fortemente segnando i paesaggi del nuovo millennio. Questa nuova caratterizzazione del paesaggio ha portato, a livello internazionale, ad un crescente interesse da parte dei geografi per la relazione tra produzione di energia e territorio. Le problematiche energetiche rappresentano, infatti, alcune delle maggiori sfide ambientali e geopolitiche nel mondo attuale, poiché l'approvvigionamento di energia condiziona la funzionalità del sistema economico vigente, incide su molte trasformazioni terri-

toriali e paesaggistiche e provoca rilevanti impatti ambientali a scala tanto locale, quanto planetaria.

La preoccupazione del mondo accademico per l'impatto territoriale dovuto all'approvvigionamento di energia è testimoniata dalla realizzazione negli ultimi anni di vari convegni, così come dalla pubblicazione di diversi numeri monografici di riviste (1) dedicati alle nuove geografie dell'energia o, in modo più specifico, ai paesaggi generati dalle fonti energetiche rinnovabili. In Spagna, in particolare, degno di nota è stato il numero monografico della rivista «Nimbus» uscito nel 2010 e la sezione dedicata ad energia e territorio nel XXII Congreso de Geógrafos Españoles che si è tenuto ad Alicante nel 2011 e che, sotto diverse scale e prospettive, ha raccolto in proposito quasi quaranta contributi (González Pérez e Marco Molina, 2012). Gli studi sull'energia da un punto di vista geografico hanno, infatti, una lunga tradizione in Spagna che, per quanto riguarda le fonti energetiche fossili, risale alla seconda metà degli anni Cinquanta. Più recentemente, i geografi spagnoli hanno esteso il proprio campo d'interesse verso le energie rinnovabili, soprattutto durante l'ultimo decennio, quando lo sviluppo e l'espansione territoriale di nuove tecnologie, come quella degli aerogeneratori, hanno avuto una maggiore incidenza sul paesaggio iberico (Espejo Marín, 2012).

Sviluppo dell'energia eolica in Spagna

Nella penisola iberica, l'energia eolica è stata utilizzata, sin dal Medioevo, per muovere le pale dei mulini che, per secoli, fino alla prima metà del Novecento, hanno azionato i meccanismi adibiti a macinare il grano (Rovati, 2010). La produzione di energia elettrica mediante aerogeneratori, invece, parte nel 1979 dalla progettazione di un prototipo di 100 kW che fu installato tre anni dopo a Tarifa (Cadice), nel comune più meridionale dell'Europa continentale dove, con una media annuale di frequenza del 2,7%, si registra in Spagna il minor numero di giorni di calma di vento (Sena Rodríguez, 2009). Bisognerà attendere però il 1984

(1) Di rilievo risultano i numeri monografici di «Landscape Research» 35(2), 2010; «Land Use Policy» 26 (3), 2010; «Annals of the Association of American Geographers» 101 (4), 2011.

per vedere realizzata la prima centrale eolica, costruita in Catalogna con cinque aerogeneratori di 25 kW ciascuno (Saladié Gil, 2012).

La Spagna si trova tra i paesi che più hanno scommesso sulle energie rinnovabili per la produzione di elettricità durante il primo decennio del XXI secolo. In quest'ambito, l'energia eolica è stata quella che ha avuto uno sviluppo più consistente, favorito geograficamente sia dall'esistenza di zone territoriali dotate di un ampio potenziale eolico, sia dalla disponibilità di ampie estensioni rurali scarsamente popolate (Frolova e Pérez, 2011). L'attuazione di una normativa di incentivi economici, la capacità tecnologica per la produzione di generatori eolici e la presenza di un settore industriale maturo e interessato allo sviluppo delle energie rinnovabili hanno completato un quadro favorevole a tale sviluppo.

È stato così reso possibile che, nell'ambito delle energie rinnovabili, dal 2011 la produzione idroelettrica, di lunga tradizione in Spagna, sia stata superata da quella prodotta dai più recenti aerogeneratori. Nel 2012, poi, la produzione eolica ha duplicato quella idraulica, fino a coprire, tra le due, più dell'80% della energia elettrica generata da fonti rinnovabili (MIET, 2014).

La Spagna ha occupato nel 2013 il quarto posto al mondo per potenza eolica installata, dietro alla Cina (91.324 MW), agli Stati Uniti (61.108 MW) e alla Germania (34.660 MW), dopo essere passata in pochi anni dai 2 MW del 1990 e i 98 MW del 1995 ai 22.959 MW del 2013, (EWEA, 2014; WWEA, 2014). In termini percentuali, l'energia eolica ha rappresentato oltre il 21% della potenza elettrica totale. Questa capacità ha consentito, sempre nel 2013, di raggiungere un massimo storico di potenza istantanea di 17.056 MW alle ore 15.49 del 6 febbraio (REE, 2014).

Secondo i calcoli della Asociación Empresarial Eólica (AEE) la produzione annuale di energia eolica sarebbe divenuta sufficiente per coprire la necessità di 15,5 milioni di abitazioni, corrispondenti a circa il 90% del totale dell'intera Spagna. L'energia eolica si è consolidata, infatti, come la seconda tecnologia del sistema elettrico spagnolo, con una produzione nel 2013 di 54.301 GWh, di poco inferiore ai 56.378 GWh prodotti dalle centrali nucleari (REE, 2014). In merito alla copertura della domanda, l'energia eolica si è posizionata, però, al primo posto nel contributo alla fornitura annuale di elettricità, permettendo alla Spagna di essere premiata dalla Associazione Europea dell'Energia Eolica per essere il primo paese al mondo nel quale questa tecnologia ha rappresentato la prima fonte di elettricità. Di fatto, con una copertura del 21,1% della domanda,

nel 2013 l'energia eolica ha superato perfino l'energia nucleare, che ha raggiunto una percentuale lievemente minore (21,0%) a causa del maggiore autoconsumo per il funzionamento dei propri impianti.

Tuttavia, come si rileva dai dati di Red Eléctrica de España, la grande variabilità dei fenomeni atmosferici e dell'intensità del vento conducono spesso a situazioni estreme. La produzione eolica di elettricità, infatti, il 24 settembre del 2012 (alle ore 3.03) ha superato il 64% del totale della domanda, mentre il 26 giugno 2010 (alle ore 10.32) aveva coperto appena l'1%. Di fatto, rispetto alle fonti convenzionali, l'incorporazione di energie dipendenti dalle condizioni climatiche rappresenta una complessa sfida, poiché l'energia elettrica non è facilmente accumulabile e il sistema nazionale ha bisogno di mantenere un equilibrio istantaneo tra la produzione ed il consumo. Questa contingenza obbliga a disporre di tecnologie complementari sufficienti per far fronte alla domanda in ogni momento e giustifica il fatto che la Spagna possieda un potenziale elettrico fortemente sovradimensionato in relazione alle proprie necessità. In concreto, alla fine del 2012 il sistema elettrico peninsulare registrava una potenza istallata di 101.828 MW, in grado di poter più che raddoppiare la domanda massima di potenza istantanea raggiunta nella penisola nel corso del medesimo anno, che è stata di 43.527 MW (REE, 2013).

In modo analogo, nel mercato all'ingrosso, il prezzo dell'energia elettrica subisce forti variazioni come conseguenza delle condizioni meteorologiche. È così che, ad esempio, secondo i dati della Asociación Empresarial Eólica, nel dicembre 2013 si è potuti passare in pochi giorni da un picco di 112 euro/MWh durante i primi giorni del mese, nei quali per effetto dell'Anticiclone delle Azzorre appena si è fatto sentire il vento, a un prezzo di 5,42 euro/MWh nel giorno di Natale, come conseguenza di una ciclogenesi esplosiva con venti di eccezionale intensità che hanno attraversato la penisola iberica.

Distribuzione geografica delle centrali eoliche

Allo scopo di mitigare l'effetto della naturale variabilità delle correnti d'aria, la localizzazione delle centrali eoliche deve cercare di rispondere a condizioni di vento idonee, relative alla velocità, continuità e stabilità. In termini generali, la Penisola Iberica è, per la posizione geografica, zona di passaggio di differenti masse d'aria di origine marittima e continentale,

anche se è prevalentemente battuta da venti occidentali. Più specificamente, le aree iberiche che godono di condizioni di maggiore frequenza e intensità del vento presentano una distribuzione irregolare che, al di là delle anticlinali di più spiccata altitudine, dipende dalla disposizione della linea di costa e dall'allineamento dei rilievi, favorevoli alla formazione di veri e propri corridoi per il movimento di masse d'aria.

Nel 2009, lo Stato ha pubblicato online, nel sito di IDAE-Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía, un atlante eolico della Spagna in formato GIS. Il sistema permette di valutare in modo preciso il potenziale eolico di ogni area del territorio, facilitando così una pianificazione più efficace e razionale della risorsa da parte delle Amministrazioni Pubbliche regionali, anche in considerazione degli spazi naturali protetti.

In termini generali, nel territorio peninsulare spagnolo si possono individuare sei grandi aree con sufficienti garanzie di rendimento per l'impianto di aerogeneratori: tre ubicate in zone costiere e le altre in spazi territoriali dell'interno. In prossimità della costa si distinguono, a nord, il litorale cantabrico e, in particolare, la costa galiziana; ad est, affacciati sul mediterraneo, spiccano il litorale settentrionale della Catalogna al confine con la Francia (Ampurdan), quello levantino (tra Valencia e Capo San Antonio) e quello del Capo di Gata (Almeria); infine il quadrante sudoccidentale della Spagna, tra le baie di Cadice e Algeciras. Nell'interno peninsulare si distinguono la valle del fiume Ebro, in prossimità della città di Saragozza; la Comunità Autonoma di Castiglia e León, in una fascia che si estende dal sud ovest di Burgos al nord est di Salamanca; e la Mancia, regione di donchisciottesca memoria, soprattutto nella provincia di Albacete (Olcina Cantos, 1994).

Le Isole Canarie sono sottoposte, in modo quasi costante, a una cintura di alte pressioni dinamiche con persistenza dei venti alisei, provenienti dal fianco orientale dell'Anticiclone delle Azzorre. La spiccata regolarità annuale dei venti, che spirano con direzione e intensità tendenzialmente costanti, fa sì che quest'arcipelago costituisca un luogo particolarmente propizio per la produzione di energia elettrica da fonti eoliche.

Lo sviluppo dell'energia eolica in Spagna è avvenuto in modo differenziato in ciascuna delle Comunità Autonome, cosicché le regioni con aree battute da una più alta frequenza di vento sono state le prime ad ospitare centrali eoliche. Quelle che attualmente hanno una maggiore potenza installata sono, nell'ordine, la Comunità Autonoma di Castiglia e León e quelle di Castiglia-La Mancia, Galizia, Andalusia e Aragona. Non

esiste invece alcun aerogeneratore nella Comunità Autonoma di Madrid, né in quella di Estremadura (vedi tabella 1).

Tab. 1 - Potenza eolica installata per Comunità Autonoma.

Comunità Autonoma	Dati definitivi 2012 (MW)	Dati provvisori 2013 (MW)	Variazione (Tasso di crescita)
Andalusia	3233	3323	2,78%
Aragona	1797	1857	3,34%
Principato delle Asturie	434	518	19,35%
Cantabria	35	35	-
Castiglia e León	5597	5555	-0,75%
Castiglia-La Mancia	3784	3792	0,21%
Catalogna	1284	1278	-0,47%
Estremadura	0	0	-
Galizia	3324	3319	-0,15%
La Rioja	448	453	1,12%
Madrid	0	0	-
Murcia	263	263	-
Navarra	987	1006	1,93%
Province Vasche	194	153	-21,13%
Valencia	1193	1193	-
Totale peninsulare	22.573	22.746	0,77%
Baleari	4	4	-
Canarie	145	150	3,45%
Totale nazionale	22.722	22.900	0,78%

Fonte: Elaborazione dell'autore su dati della Red Eléctrica de España.

Nonostante la recente flessione, il sostenuto sviluppo del settore eolico in Spagna durante il primo decennio del XXI secolo e la conseguente occupazione degli spazi più favorevoli nella terraferma hanno portato a contemplare la necessità di promuovere progetti eolici anche in mare aperto, dove il potenziale di sfruttamento può essere incrementato grazie alla maggiore intensità e continuità dei venti. Ciò nonostante, oltre a presentare notevoli difficoltà tecniche di costruzione e di manutenzione, le installazioni *offshore* richiedono tempi di realizzazione del progetto e investimenti economici di molto superiori a quelle *onshore*, che hanno contribuito ad impedire una maggiore diffusione di questa tecnologia (Martínez Palacio, 2013).

Il primo progetto di eolico marino in Spagna risale al 2003. La centrale, con una potenza di 1000 MW e 273 turbine, doveva essere ubicata nei pressi del Capo Trafalgar e prevedeva l'istallazione di gabbie per l'acquacoltura alla base degli aerogeneratori. Bene accolto dalle organizzazioni ambientaliste, il progetto ha avuto invece il rifiuto radicale da parte delle autorità locali e delle associazioni dei pescatori, che temevano il rischio per la pesca artigianale e per la negativa incidenza sulle rotte migratorie dei tonni che transitano nello Stretto (Espejo Marín, 2004).

Nel 2007 lo Stato spagnolo ha realizzato una carta delle risorse eoliche marine, che fa parte del *Estudio Estratégico Ambiental del litoral español*, dove viene classificato il litorale peninsulare e insulare in zone "compatibili", "compatibili vincolate" ed "escluse" per l'impianto di centrali di energia eolica; due anni più tardi, nel 2010, ha approvato il *Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020* nel quale, oltre ai 35.000 MW di potenza eolica nella terraferma, si è prefissato come obiettivo riuscire a raggiungere i 750 MW di potenza eolica marina istallata per la fine del decennio. Tuttavia, ancor oggi, benché la Spagna sia uno dei leader mondiali del settore eolico e nonostante l'Europa costituisca il principale produttore di energia eolica *offshore* (con il Regno Unito, la Danimarca e la Germania che nel 2012 superavano tre quarti della potenza mondiale istallata), in Spagna non è stato portato a compimento alcuno dei più di trenta progetti finora presentati per la costruzione di impianti eolici al largo delle coste di Andalusia, Galizia, Murcia, Valencia e Catalogna (Pérez, 2010). Tutt'oggi esiste un solo prototipo di aerogeneratore marino, istallato alla fine del 2013 nell'isola di Gran Canaria, che in realtà innalza fino a 150 metri di altezza la propria turbina su una torre poggiata sul molo del porto di Arinaga e non in mare aperto (Madrídejos, 2013).

La stima che per il 2017 dovrebbero entrare in funzione le prime fasi di alcuni progetti di centrali *offshore* non sembra, al momento, raggiungibile poiché questi continuano a incontrare la riluttanza dei comuni limitrofi all'istallazione di centrali eoliche davanti alle proprie coste. Le popolazioni locali, nonostante sia stata fissata una distanza minima dalla costa di otto chilometri, temono infatti che gli impianti possano influenzare negativamente il turismo e pregiudicare la navigazione, al pari delle risorse ittiche (Garret, 2013).

La politica di incentivi alle energie rinnovabili e l'incidenza sul settore dell'industria eolica

Gli anni Ottanta coincidono con i primi sforzi in seno all'Unione Europea per la promozione delle energie rinnovabili e per l'incremento del loro contributo al bilancio energetico totale che, inizialmente, nella seconda metà degli anni Novanta, viene fissato in un minimo del 12% del totale della domanda energetica come traguardo da raggiungere entro il 2010. Solo nel XXI secolo, però, la politica europea di sostegno alle rinnovabili si concreta in Direttive comunitarie di obbligata applicazione nella legislazione degli Stati membri. In questo senso, nel 2007 la Commissione Europea ha previsto il raggiungimento di una quota del 20% di energie rinnovabili sulla quantità complessiva di energia consumata nell'Unione Europea entro il 2020, obiettivo che è divenuto obbligatorio per la Spagna nel 2009 attraverso la Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio. Queste iniziative nascono, ancora una volta, dalla crescente coscienza dei potenziali rischi ambientali e dalla necessità di limitare la forte dipendenza dall'estero per l'approvvigionamento di combustibili fossili.

La Spagna, già nel 1980, aveva stabilito una distinzione nel settore elettrico tra le tecnologie autoctone e pulite da promuovere in modo prioritario, che sono state classificate di "regime speciale", e tra quelle di "regime ordinario". Con la liberalizzazione del mercato elettrico spagnolo nel 1997 (Ley 54/1997), l'energia eolica, integrata nel regime speciale, ha potuto iniziare a godere di un sistema di incentivi che hanno favorito un rapido sviluppo del settore e hanno agevolato l'inserimento competitivo dello stesso nel libero mercato.

Parallelamente alla politica di tutela delle energie rinnovabili ed al crescente ritmo di evoluzione della potenza installata, è sorta un'importante industria spagnola legata al settore eolico. In un primo momento, lo sviluppo industriale è stato intrapreso da piccole aziende che elaboravano i propri progetti di aerogeneratori e che, successivamente, acquistavano sul mercato i distinti componenti e facevano assemblare il tutto da officine meccaniche esterne (Martínez Sánchez *et al.*, 2002; Espejo Marín e García Marín, 2012). Più tardi, l'industria si è a mano a mano specializzata ed è cresciuta fino a conquistare in breve tempo un posto di rilievo nel sempre più competitivo mercato internazionale, principalmente nell'Unione Europea, negli Stati Uniti, in Canada, in

Messico, in Cina, in Australia, in India, in Corea del Sud ed in Marocco.

L'industria eolica spagnola è divenuta uno dei leader del settore a scala mondiale, sia nell'istallazione di potenza e nella produzione di energia, sia nella fabbricazione e nell'offerta di servizi ausiliari. È così che un'azienda spagnola (Gamesa) è diventata nel 2011 il quarto produttore mondiale di aerogeneratori, al tempo che altre tre imprese spagnole (Iberdrola, EDP Renovaveis e Acciona) venivano classificate tra i dieci maggiori produttori di energia eolica al mondo.

Il forte impulso impresso all'energia eolica dagli anni Novanta, sia con il sostegno da parte dell'Amministrazione Pubblica spagnola, sia con gli investimenti attuati dagli imprenditori, ha favorito lo sviluppo di distinti comparti di attività legati a questo settore: la progettazione e la fabbricazione di aerogeneratori; la produzione di specifici componenti come, tra gli altri, torri, pale, cuscinetti e strumenti di controllo; l'istallazione di centrali eoliche, in terra ferma e *offshore*, e la produzione di energia; l'erogazione di servizi associati di ingegneria, trasporto, manutenzione, supporto tecnologico, formazione del personale e servizi finanziari.

Il quadro legislativo e regolamentare è stato fondamentale per l'evoluzione delle energie rinnovabili in Spagna. Negli ultimi anni il paese è riuscito a ridurre sensibilmente sia le importazioni di combustibili fossili per la generazione di elettricità, sia le emissioni nell'atmosfera di particelle inquinanti e di anidride carbonica, in gran parte grazie al contributo dell'energia eolica che, da sola, rappresenta attualmente circa il 50% della produzione di elettricità generata nell'ambito delle tecnologie di "regime speciale" e circa il 20% del totale del sistema elettrico spagnolo.

Tuttavia, nel 2012 il settore eolico è stato colpito dalla soppressione degli incentivi economici alle nuove istallazioni di energia elettrica da fonti rinnovabili. La misura restrittiva è stata estesa anche alle istallazioni già esistenti che, con la nuova legge di riforma energetica nazionale del 2013 (Ley 24/2013), hanno visto la sostituzione delle sovvenzioni, con effetto retroattivo, per un tasso fisso di rendimento degli investimenti (López-Tafall, 2013). Questa situazione ha paralizzato lo sviluppo dell'intero settore eolico che già nel 2009 aveva iniziato a subire una contrazione dell'attività industriale, legata alla diminuzione della domanda interna di beni strumentali da parte delle imprese, preoccupate per la crisi finanziaria e per l'incertezza dei successivi sviluppi normativi.

Nel 2008, momento di massima espansione, il settore ha dato impiego a più di 41.000 addetti, in modo diretto (22.970) o indiretto (18.468).

Ciononostante, solo tre anni dopo, alla fine del 2011, erano andati perduti più di 14.000 posti di lavoro (Deloitte, 2012). È facile prevedere che questa flessione si approfondirà ulteriormente come conseguenza tanto della soppressione degli incentivi economici per le nuove installazioni e le riduzioni applicate a quelle esistenti, quanto per la crescente criticità sociale riguardo alle implicazioni ambientali di queste tecnologie.

Impatto paesaggistico

Sono secoli che lo sfruttamento dell'energia eolica ha caratterizzato il paesaggio iberico, indissolubilmente legato dalla penna di Cervantes all'immagine dei mulini a vento, ma oggi la visione letteraria strettamente legata alla cultura rurale tradizionale è stata sostituita da una vasta diffusione territoriale di mere strutture industriali (vedi figura 1 e figura 2).

Se i primi progetti di centrali eoliche non hanno destato una eccessiva opposizione sociale, la crescente proliferazione delle energie rinnovabili e la loro incidenza sul territorio stanno mobilitando l'opinione pubblica a proposito dell'impatto che provocano sui paesaggi. A differenza dei centri di produzione di energie convenzionali, che sono in genere isolati, le centrali di energia rinnovabile presentano elementi sparsi nel territorio che conferiscono loro uno specifico protagonismo paesaggistico.

Inizialmente è stata privilegiata l'installazione delle centrali eoliche nelle zone montuose, soprattutto nelle aree costiere più esposte al vento. Successivamente, grazie al perfezionamento delle tecnologie che hanno consentito di sfruttare spazi con minore intensità eolica, gli aerogeneratori si sono diffusi anche in zone pianeggianti dell'interno, producendo un impatto sempre maggiore sugli spazi rurali e perfino su alcuni insediamenti urbani.

L'energia eolica non genera residui né emette gas nell'atmosfera, ma l'installazione di una centrale eolica implica una serie d'impatti ambientali che possono avere una maggiore incidenza in base alla localizzazione, alla dimensione ed alla distanza dai nuclei di popolazione (Espejo Marín, 2010).

Il più evidente è l'impatto visuale determinato dall'imponente altezza degli aerogeneratori, che rende visibili le pale già a decine di chilometri e che si aggrava soprattutto in presenza di una grande concentrazione di impianti o di una concatenazione di centrali a distanze inferiori ai 15 chilometri. L'impatto visuale può essere percepito anche in orario not-

turno poiché, spesso, gli aerogeneratori debbono essere dotati di segnali luminosi per la navigazione aerea. A distanze più ravvicinate il paesaggio rimane inevitabilmente segnato, sia dalle linee elettriche ad alta tensione necessarie per la distribuzione dell'energia generata, sia dalla rete di vie di accesso alla centrale e ad ognuno dei singoli aerogeneratori.

Notevole è anche l'inquinamento acustico emesso da una turbina eolica e che è provocato da due diversi apporti: il rumore meccanico ed il rumore aerodinamico. Il rumore meccanico viene prodotto dai diversi componenti della macchina, quali il generatore elettrico e gli ingranaggi, che hanno un effetto sonoro al pari di altre installazioni industriali di simile potenza, ma che non può essere attutito da edificazioni o compartimenti che lo racchiudano, dato che gli aerogeneratori debbono svolgere la loro azione all'aria aperta. Il rumore aerodinamico è generato dagli effetti di turbolenza dovuti all'interazione dell'aria con le pale ed è la componente prevalente che ha posto le maggiori difficoltà di controllo a livello progettuale (Zanetta, 2008).

Significative sono anche l'erosione dei terreni e la distruzione della copertura vegetale causate dalla realizzazione delle fondamenta per l'installazione delle torri di sostegno delle turbine e dal fitto tracciato di sentieri di collegamento tra gli aerogeneratori, indispensabile per le operazioni di manutenzione, che richiedono la rimozione dei suoli e producono inevitabilmente danni ambientali.

Le centrali eoliche hanno anche un'incidenza non trascurabile sull'avifauna, tanto su quella stanziale, quanto su quella migratoria. Gran parte delle installazioni, infatti, sono situate seguendo le linee più elevate delle anticlinali, che vengono impiegate dagli uccelli per innalzarsi in volo sfruttando le correnti ascensionali. Gli uccelli migratori, che non sempre utilizzano identici percorsi, possono imbattersi facilmente con una centrale eolica e rischiano di urtare contro le pale in movimento, al pari di quegli uccelli stanziali di attività notturna o vespertina, per i quali le pale risultano invisibili. La Sociedad Española de Ornitología non si oppone agli impianti eolici ma considera che debbano essere esclusi gli spazi naturali protetti e le rotte migratorie (SEO, 2006).

Preoccupano anche i danni che le centrali *offshore* possono arrecare sugli ecosistemi marini a causa degli interventi sui fondali per l'ancoraggio delle turbine e per l'incanalamento dei cavi ad alta tensione, al tempo stesso che dovrebbe essere valutata l'incidenza sulla pesca e sulla navigazione (Pérez, 2010).

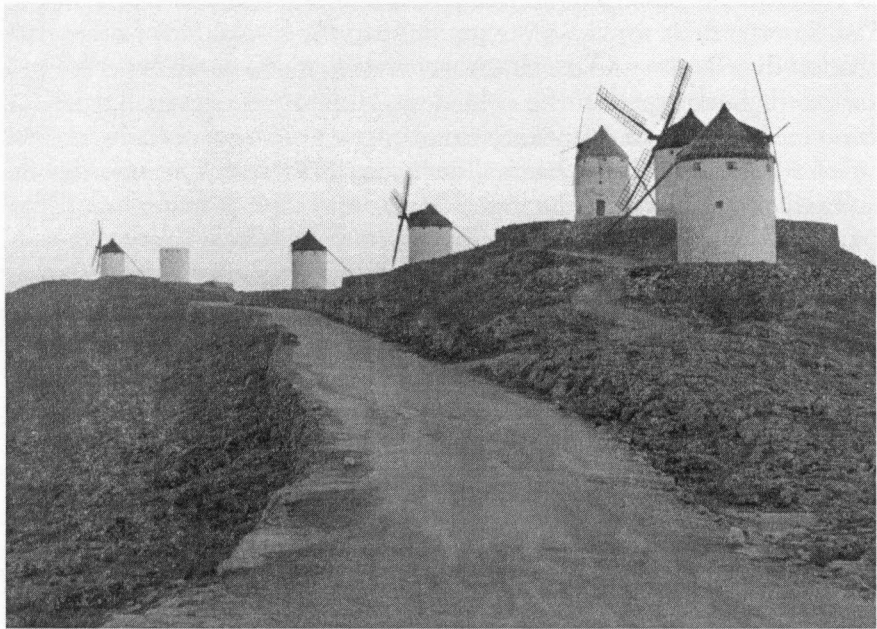


Fig. 1 - Allineamento di mulini a vento su di un'anticlinalale nel comune di Consuegra, in Castiglia-La Mancia. In alto, vista aerea; in basso, foto di P. Rovati



Fig. 2 - Concatenazione di circa 14 km di aerogeneratori a nord degli insediamenti di Las Navas del Marqués e Navalperal de Pinares, in Castiglia e León. In alto, ortofoto del PNOA ceduta dall'Instituto Geográfico Nacional de España; in basso, foto Agencia EFE.

L'impatto sul paesaggio delle energie rinnovabili richiede che la pianificazione energetica vada di pari passo con la pianificazione territoriale. Dalla metà degli anni Novanta del secolo scorso la comunità internazionale si è proposta di rispondere alla sfida del cambiamento climatico, enfatizzando meccanismi di riduzione delle emissioni inquinanti ma con scarsa attenzione verso la difesa del paesaggio.

Anche la Spagna ha aderito al protocollo di Kyoto e, tentando di adeguarsi alla riduzione di energia da fonti di combustibili fossili, ha intrapreso, al tempo stesso, una politica tesa ad assicurare la sufficienza energetica. Nonostante la produzione di energia eolica sia stata auspicata dalle amministrazioni spagnole e le centrali accolte da alcuni municipi di aree marginali e depresse, che hanno visto in esse una possibilità di rivitalizzazione economica, l'impianto indiscriminato di aerogeneratori può depauperare la qualità paesaggistica e, di conseguenza, ridurre le possibilità di sviluppo di altri settori economici come quello del turismo rurale. In questo senso, le energie rinnovabili non possono rappresentare un modello di sostenibilità se il prezzo da pagare deve essere quello di ipotecare il futuro delle popolazioni e del territorio.

Riferimenti bibliografici

- Atlas Eólico de España*, IDAE-Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Madrid, <<http://atlaseolico.idae.es/>>.
- COMMISSIONE EUROPEA, *Tabella di marcia per le energie rinnovabili. Le energie rinnovabili nel 21° secolo: costruire un futuro più sostenibile*, COM/2006/ 848, Bruxelles, 2007.
- DELOITTE, *Impacto macroeconómico del sector eólico en España*, Asociación Empresarial Eólica, Madrid, 2012.
- ESPEJO MARÍN C., *La energía eólica en España*, in «Investigaciones Geográficas», Instituto Universitario de Geografía-Universidad de Alicante, Alicante, n. 35, 2004, pp. 45-65.
- ESPEJO MARÍN C., *La energía eólica en Castilla-La Mancha: referente nacional e internacional*, in F. Cebrián Abellán, F. Pillet Capdepón e J. Carpio Martín (a cura di), *Las escalas de la Geografía: del mundo al lugar*, Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, 2010, pp. 175-193.
- ESPEJO MARÍN C., *Energía y territorio: dinámicas y procesos*, in V. González Pérez e J.A. Marco Molina (a cura di), *Geografía: retos ambientales y territoriales*, Asociación de Geógrafos Españoles, Madrid, 2012, pp. 69-109.
- ESPEJO MARÍN C. e GARCÍA MARÍN R., *La energía eólica en la producción de electricidad en España*, in «Revista de Geografía Norte Grande», Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 51, 2012, pp. 115-136.

- EWEA, *Wind in power: 2013 European statistics*, The European Wind Energy Association, Bruxelles, 2014.
- FROLOVA M. e PÉREZ B., *New Landscape Concerns in the Development of renewable Energy Projects in South-West Spain*, in Z. Roca, P. Claval e J. Agnew (a cura di), *Landscapes, Identities and Development*, Ashgate Publishing, Farnham, 2011, pp. 389-402.
- GARRET J., *Los proyectos de parques eólicos marinos se quedan en un cajón*, in «eldiario.es», 27 agosto 2013.
- GONZÁLEZ PÉREZ V. e MARCO MOLINA J.A. (a cura di), *Geografía: retos ambientales y territoriales*, Asociación de Geógrafos Españoles, Madrid, 2012.
- LÓPEZ-TAFALL J., *Eólica, ¿una historia de éxito sin final feliz?*, in «Cuadernos de Energía», 41, 2013, pp. 108-112.
- MADRIDEJOS A., *España estrena su primer generador eólico marino*, in «El Periódico de Catalunya», 22 ottobre 2013.
- MARTÍNEZ PALACIO A., *La energía eólica offshore. Retos y oportunidades*, in «Cuadernos de Energía», n. 39, 2013, pp. 86-92.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ A., BAYODRÚJULA A.A. e PÉREZ PÉREZ M., *La industria de la energía eólica en España. Tecnología y desarrollo endógeno*, in «Boletín económico del ICE», 2740, 2002, pp. 19-29.
- MIET, *La energía en España*, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Madrid, 2014.
- OLCINA CANTOS J., *Riesgos climáticos en la Península Ibérica*, Libros Pentathlon-Acción Divulgativa, Madrid, 1994.
- PÉREZ B., *Perspectivas de desarrollo y ordenación territorial y paisajística de la energía eólica off-shore en España*, in «Nimbus», n. 25-26, 2010, pp. 175-185.
- REE, *Sistema Eléctrico Español 2012*, Red Eléctrica de España, Madrid, 2013.
- REE, *Sistema Eléctrico Español. Avance del informe 2013*, Red Eléctrica de España, Madrid, 2014.
- ROVATI P., *Dai mulini a vento ai generatori eolici: una trasformazione del paesaggio spagnolo della Mancia*, in P. Persi (a cura di), *Territori contesi: campi del sapere, identità locali, istituzioni, progettualità paesaggistica*, Università degli Studi di Urbino, Urbino, 2009, pp. 364-372.
- SALADIÉ GIL S., *Geopolítica de la implantación eólica en Catalunya*, in V. González Pérez e J.A. Marco Molina (a cura di), *Energía y territorio. Dinámicas y procesos*, Asociación de Geógrafos Españoles, Madrid, 2012, pp. 425-436.
- SENA RODRÍGUEZ I., *La máquina experimental de 1980 en Tarifa: el comienzo de la energía eólica en España*, in «Revista de Estudios Tarifeños Aljaranda», n. 73, 2009, pp. 36-40.
- SEO, *Documento de posición sobre parques eólicos y aves*, Sociedad Española de Ornitología (SEO/Birdlife), Madrid, 2006.
- WWEA, *World Wind Energy Report 2013*, World Wind Energy Association, Bonn, 2014.
- ZANETTA G.A., *Problematiche e dati di emissione di rumore sulle attuali turbine eoliche*, Cesi Ricerca, Milano, 2008.

Parole chiave: Spagna, energia eolica, impatto paesaggistico

Key words: Spain, wind energy impact on the landscape

RESUMÉ – Au cours des dernières années, l'Espagne a fortement encouragé l'utilisation des énergies renouvelables et, en 2013, a occupé la quatrième place dans le monde en puissance éolienne installée. Géographiquement cette évolution a été favorisée par le grand potentiel éolien et la disponibilité de vastes zones rurales peu peuplées. Cependant, la réduction de la dépendance sur les combustibles fossiles par l'utilisation d'éoliennes implique un impact sur le paysage.

SUMMARY – In recent years, Spain has strongly encouraged the use of renewable energies and, in 2013, has reached the fourth place in the world for installed wind power capacity. Geographically, this development has been favored by the vast wind power potential, and by the availability of large sparsely populated rural areas. However, reducing the dependence on fossil fuels through the use of wind turbines is not without impact on the landscape.

ZUSAMMENFASSUNG – In den letzten Jahren hat Spanien stark gefördert die Nutzung von erneuerbaren Energien und, im Jahr 2013, erreichte den vierten Platz in der Welt für die installierte Windkraftleistung. Geographisch hat sich diese Entwicklung durch die große Windpotenzial und durch die Verfügbarkeit von großen dünn besiedelten ländlichen Gebieten begünstigt. Die Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen durch den Einsatz von Windkraftanlagen ist jedoch nicht ohne Auswirkungen auf die Landschaft.

RESUMEN – En los últimos años, España ha impulsado fuertemente el uso de las energías renovables y, en 2013, ha ocupado el cuarto lugar en el mundo por potencia eólica instalada. Este desarrollo se ha visto favorecido geográficamente por el gran potencial eólico y por la disponibilidad de extensas zonas rurales escasamente pobladas. Sin embargo, la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles mediante el uso de aerogeneradores conlleva un impacto sobre el paisaje.