

Impianti

Il generatore eolico

La più importante forma di impiego dell'energia eolica è quella relativa alla produzione di energia elettrica attraverso i generatori eolici, ovvero **aerogeneratori**.

L'energia elettrica si ottiene sfruttando l'energia cinetica del vento: le masse d'aria in movimento ad una velocità superiore ai 10 chilometri orari fanno girare le pale di un elica; queste a loro volta sono collegate ad un generatore che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica.

Esistono aerogeneratori diversi per forma e dimensione. Possono, infatti, avere una, due o tre pale di varie lunghezze: quelli con pale lunghe 50 centimetri vengono utilizzati come caricabatteria, quelli con pale lunghe circa 30 metri sono in grado di erogare una potenza di 1500 chilowatt, riuscendo a soddisfare il fabbisogno elettrico giornaliero di circa 1000 famiglie.

Il più diffuso aerogeneratore è costituito da una torre di acciaio di altezze che si aggirano tra i 60 e i 100 metri, con due o tre pale lunghe circa 20 metri e genera una potenza di 600 chilowatt che equivale al fabbisogno elettrico giornaliero di 500 famiglie.

Le pale del generatore eolico sono fissate su un elemento meccanico chiamato **mozzo** a formare l'elemento dell'aerogeneratore chiamato **rotore**. A seconda della posizione dell'asse attorno a cui ruota questo meccanismo, si distinguono **rotori ad asse orizzontale** e **rotori ad asse verticale**. I primi sono i più noti e diffusi, i secondi sono stati utilizzati fin dall'antichità, ma solo ultimamente sono oggetto di studi e ricerche per migliorarne l'efficienza (i principali vantaggi dell'asse verticale sono: il costante funzionamento indipendentemente dalla direzione del vento, la migliore resistenza anche alle alte velocità dei venti e alla loro turbolenza).

La struttura di un generatore eolico con rotore ad asse orizzontale è semplice: un sostegno (formato da fondamenta e torre) che reca alla sua sommità una **gondola** o **navicella**. In questo involucro sono contenuti **l'albero di trasmissione** lento, il **moltiplicatore di giri**, **l'albero veloce**, il **generatore elettrico** e i **dispositivi ausiliari** (sistema frenante e sistema di controllo).

All'estremità dell'albero lento è fissato il **rotore** (costituito dal mozzo sul quale sono montate le pale).

La forma delle pale è disegnata in modo che il flusso dell'aria che le investe azioni il rotore.

Dal rotore, l'energia cinetica del vento viene trasmessa a un generatore di corrente. Il generatore eolico funziona a seconda della forza del vento. Al di sotto dei 4/5 metri al secondo non può partire. La velocità minima che permette alla macchina di fornire la potenza di progetto è 10/12 metri al secondo per qualche centinaia di chilowatt. Ad elevate velocità (20/25 metri al secondo) l'aerogeneratore viene spento per ragioni di sicurezza.

I progressi nel disegno dei rotori eolici degli ultimi 10 anni permettono a questi di operare anche a velocità del vento inferiori, imbrigliando una quantità maggiore di energia e raccogliendola ad altezze maggiori, aumentando la quantità di energia eolica sfruttabile.

Sono stati messi a punto anche dei rotori con pale "**mobili**": variando l'inclinazione delle pale al variare della velocità del vento è possibile mantenere costante la quantità di elettricità prodotta dall'aerogeneratore.

Le wind farm onshore

Più aerogeneratori collegati insieme formano le **wind farm**, le "**fattorie del vento**", che sono delle vere e proprie centrali elettriche. Una **wind farm** è costituita da un gruppo di turbine eoliche situate nello stesso luogo, interconnesse tra loro da una rete di collegamento a medio voltaggio, che raccoglie l'energia prodotta da ciascuna turbina e la convoglia ad una stazione di raccolta, dove un trasformatore converte la corrente elettrica a medio voltaggio in corrente ad alta tensione e la immette nel sistema di trasmissione e distribuzione. Una grande **wind farm** può consistere di dozzine di generatori eolici, fino a più di cento turbine singole, e copre un'area di diversi km²: poichè, però, l'area occupata dai singoli generatori eolici è molto piccola, tutte le zone tra una turbina e l'altra possono essere destinate ad altro uso, come, per esempio, l'agricoltura o l'allevamento di bestiame. Nelle **wind farm** la distanza tra gli aerogeneratori non è casuale, ma

viene calcolata per evitare interferenze reciproche che potrebbero causare diminuzioni di produzione di energia. Di regola gli aerogeneratori vengono situati ad una distanza di almeno cinque-dieci volte il diametro delle pale. Nel caso di un aerogeneratore medio, con pale lunghe circa 20 metri, questo significa installarne uno ogni 200 metri circa.

Gli USA possiedono il maggior numero di *wind farm*, seguiti dalla Germania, dalla Spagna e dalla Danimarca, con l'Italia al quarto posto, seguita poi da Gran Bretagna, Portogallo Francia e Irlanda. La più grande *wind farm onshore* (cioè, situata su terraferma) del mondo è quella di Roscoe, in Texas, con 627 turbine e una capacità di 781 MW. La più grande in Europa è in funzione a Glasgow (Scozia), con 140 turbine, che forniscono energia a 180.000 abitazioni, con una potenza installata di 322 MW.

Le wind farm offshore

Le *wind farm* più recenti tendono ad essere situate **offshore**, cioè in mare, lontano dalle coste, dove è possibile sfruttare i forti venti che soffiano, senza essere rallentati da ostacoli, sulla superficie dei mari, degli oceani, ma anche di grandi laghi. I costi di realizzazione e di manutenzione di *wind farm offshore* sono molto più elevati di quelle *onshore*, a causa dei costi di trasporto dei materiali, delle difficoltà costruttive, dei problemi di ancorare le torri al fondale (tecnicamente, con una profondità massima di 200 m, ma in genere non più di 20 m e a non più di 20 km dalla costa, per tenere bassi i costi) e dei problemi legati alla corrosione ad opera delle acque marine sulle strutture, ma i vantaggi in termini di produttività sono molto elevati. Sulla superficie di mari e oceani, infatti, i venti non trovano ostacoli e soffiano con velocità maggiori e con maggior costanza. Il posizionamento *offshore* di grandi *wind farm* risolve anche i problemi di impatto estetico e acustico, poichè le torri sono situate oltre la linea dell'orizzonte visibile, ad almeno 3 km dalla costa, e anche i problemi ambientali legati al pericolo costituito dalle torri per gli uccelli, rapaci e migratori in particolare, e per i pipistrelli sono molto più limitati. Le centrali in mare rappresentano, inoltre, un'utile soluzione per quei paesi densamente popolati e con forte impegno del territorio che si trovano vicino al mare. Alcuni ricercatori sostengono persino che la creazione di piattaforme e sistemi di piloni e cavi sottomarini potrebbe creare, nel tempo, zone di ripopolamento e di biodiversità sui fondali, come accade per le pile e gli ancoraggi delle piattaforme petrolifere. Gli impianti *offshore* rappresentano quindi, secondo la maggior parte degli esperti del settore, il vero futuro dell'energia eolica, sia in termini ambientali sia di potenziale produttivo.

Danimarca e Regno Unito possiedono il maggior numero di *wind farm offshore*, seguiti da Olanda e Svezia. Attualmente la maggiore *wind farm offshore* si trova di fronte alle coste del Kent in Gran Bretagna (Thanet Wind Farm): è costituita da 100 turbine per una potenza installata di 300 MW.

Vi sono grandi progetti per l'eolico *offshore*: il Regno Unito ha pianificato di illuminare ogni abitazione del Paese con energia prodotta da *wind farm offshore* entro il 2020, il Canada sta progettando la realizzazione di *wind farm offshore* nella regione dei Grandi Laghi, e una delle più grandi *wind farm offshore* del mondo, denominata London Array, verrà costruita nell'estuario del Tamigi, con una potenza installata di 630 MW (che diventeranno poi 1 GW), e fornirà energia a 750.000 abitazioni, circa ¼ delle case di Londra, tramite 341 turbine situate a 12 miglia dalla costa.

La mappa eolica

Per produrre energia elettrica in quantità sufficiente è necessario che il luogo dove si installa l'aerogeneratore sia molto ventoso.

La valutazione della potenzialità produttiva di un impianto eolico è un'operazione difficile e complessa, che dipende dalle caratteristiche dei venti che soffiano nel luogo dove l'impianto verrà realizzato. La conformazione di un terreno influenza la velocità del vento. Eventuali ostacoli possono influenzare profondamente velocità, potenza, direzione e distribuzione dei venti. Per quanto riguarda i rilievi montuosi, si è constatato che, mentre i pendii ripidi creano turbolenze pericolose per la stabilità e negative per il rendimento del generatore eolico, quelli più gradualmente favoriscono la concentrazione del vento. In generale la posizione ideale di un aerogeneratore è in un terreno con un numero non eccessivo di ostacoli con una pendenza compresa tra i 6 e i 16 gradi.

Il vento deve superare la velocità di almeno 5,5 metri al secondo e deve soffiare in modo costante per gran parte

dell'anno.

Per quanto riguarda i siti eolici *offshore*, i migliori sono quelli con venti che superano la velocità di 7-8 metri al secondo, che hanno bassi fondali (da 4 a 40 metri) e che distano oltre 3 chilometri dalla costa.

La creazione di un impianto presuppone la conoscenza della "mappa eolica" del luogo, indicativa di quanto e come soffia il vento. Inoltre, prima di costruire un impianto, vengono realizzate registrazioni sistematiche e per prolungati periodi di tempo di grandezze, come velocità e traiettorie dei venti che soffiano nei luoghi prescelti.

Tipi di impianti eolici

L'energia elettrica può essere utilizzata attraverso due grandi categorie di impianto: impianti per utenze isolate e impianti concepiti per essere allacciati a reti elettriche già esistenti.

Un primo tipo di impianto è quello per la produzione di energia elettrica "di servizio" fornita da piccoli aerogeneratori di potenza inferiore a 1 chilowatt (rotore di 1-2 m.) per l'alimentazione di apparecchiature poste in luoghi isolati, come ripetitori radio, rilevatori, impianti di segnalazione, ecc.; questi utilizzi sono spesso concorrenziali o utilizzati insieme ai sistemi fotovoltaici. Inoltre esiste una produzione di elettricità per l'alimentazione di case sparse o insediamenti isolati non allacciati alla rete. Tali impianti sono costituiti da aerogeneratori di piccola taglia (3-20 chilowatt) e un sistema di accumulo (batteria) dell'energia elettrica prodotta nei momenti di vento favorevole. Queste applicazioni hanno diffusione limitata nei Paesi industrializzati, ma potrebbero avere prospettive interessanti nei Paesi in via di sviluppo con elevata ventosità.

Il secondo tipo di impianti eolici è connesso alla rete e si suddivide in due categorie: quello per la produzione di elettricità per l'alimentazione di piccole reti e quello collegato alla rete nazionale. Nel primo caso si tratta impianti situati su piccole isole o in aree remote che sono alimentate da sistemi elettrici non connessi con la rete nazionale. Anche per questa tipologia di sistemi si può prevedere l'impiego congiunto di eolico e fotovoltaico (impianti ibridi), che potrebbero, in alcuni casi, integrarsi a vicenda su base annua.

L'applicazione di maggior interesse per l'eolico è invece l'alimentazione delle grandi reti nazionali; per questo scopo sono utilizzate macchine di taglia medio-grande installate singolarmente o in gruppi di unità (*wind farm*) con potenze totali dell'ordine di alcuni megawatt o di alcune decine di megawatt.

Il minieolico

Generalmente, utilizzando come criterio di classificazione la potenza nominale, si parla di minieolico per impianti caratterizzati da un range di potenza compreso tra i 20 kW e i 200 kW (impianti di potenza inferiore si classificano come microeolico). Per taglie superiori si entra nel campo dell'eolico di grande taglia. Le tecnologie attuali prevedono due macrotipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale (HAWT: Horizontal Axis Wind Turbine), sono le turbine convenzionali con asse parallelo alla direzione del vento e ad asse verticale (VAWT: Vertical Axis Wind Turbine) caratterizzate da asse perpendicolare alla direzione del vento. Esistono diverse tipologie di turbine, in funzione del numero delle pale da cui sono composte (monopala, bipala, tripala, multipala). Ad oggi la tecnologia maggiormente utilizzata è quella a tre pale ad asse orizzontale, anche se non è raro trovare installazioni di turbine a due pale e ad asse verticale. Numerosi sono i vantaggi per chi installa una turbina mini eolica. Le principali applicazioni del minieolico riguardano:

- Sistemi connessi alla rete (grid – connected);
- scambio sul posto: l'energia in eccesso rispetto ai consumi viene immessa in rete in modo da costituire un credito per successivi prelievi; con la Delibera dell'AEEG n°186 del 2009 all'utente è riconosciuta inoltre la possibilità di veder remunerata da parte del GSE l'eccedenza di energia elettrica;
- vendita dell'energia (tariffa omnicomprensiva): l'energia viene remunerata ad una tariffa pari a 0,3e/kWh, comprensiva dell'incentivo. In questa situazione si necessita l'installazione di un inverter, che trasformando la corrente da continua in alternata secondo gli standard di rete, rende possibile gli scambi. È necessario inoltre

installare opportuni contatori che, nel caso per esempio dello scambio sul posto (bidirezionali), permettono di effettuare un bilancio tra l'energia ceduta e quella prelevata;

- sistemi off – grid, alimentazione di utenze isolate;
- per abitazioni o piccole aziende (turbine singole, stand-alone, o accoppiate ad impianti di cogenerazione o fotovoltaici, sistemi ibridi);
- a servizio di sistemi di telecomunicazione (ripetitori di segnale, antenne);
- sistemi di monitoraggio qualità dell'aria;
- impianti di pompaggio acque;
- potabilizzazione (dissalazione) acqua marina.