

L'INFORMATORE AGRARIO

www.informatoreagrario.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.p.A. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.

Minieolico, investimento interessante

Un impianto minieolico completo fino a 5 kW costa 5-7.000 euro/kW. Un investimento di questo tipo connesso alla rete di trasmissione nazionale consente, a seconda del regime di connessione, di evitare l'acquisto di energia o di creare reddito dalla vendita di quest'ultima



di Antonio Siciliano

È opportuno spendere alcune parole sulla fisica del vento prima di descrivere gli aspetti tecnologici di un aerogeneratore di piccole dimensioni (micro o miniturbina).

La velocità è il parametro fondamentale dal quale dipende la producibilità di un aerogeneratore e l'eventuale fattibilità

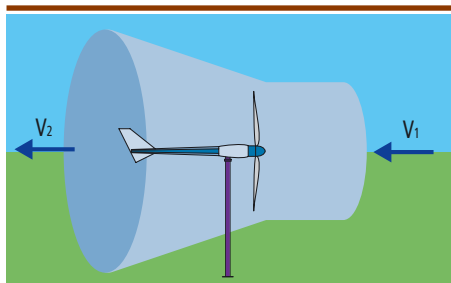


FIGURA 1 - La cosiddetta «area spazzata», la superficie del cerchio descritto dalla rotazione delle pale

La velocità del vento V_1 che investe le pale è maggiore della velocità V_2 che «esce» dall'aerogeneratore poiché una parte dell'energia cinetica di V_1 è stata trasformata in energia meccanica prima ed elettrica poi.

tà di un impianto o di una installazione. Il contenuto energetico del vento varia come il cubo della sua velocità secondo la relazione:

$$P = \frac{1}{2} \times A \times \rho \times v^3$$

dove P è la potenza (l'energia al secondo) con cui una massa d'aria che si muove con velocità v colpisce un corpo con una superficie A , mentre ρ è la densità dell'aria (pari a $1,225 \text{ kg/m}^3$ nel caso di pressione standard, a livello del mare e a 15°C).

La potenza di una singola turbina, come si osserva dalla precedente relazione, dipende anche dalla cosiddetta «area spazzata», cioè dalla superficie del cerchio descritto dalla rotazione delle pale (figura 1). Maggiore è l'area spazzata, maggiore sarà la quantità di energia cinetica del vento trasformata in energia meccanica e quindi elettrica.

Prestazioni di un aerogeneratore

Le prestazioni di un moderno aerogeneratore (sia di grandi sia di piccole dimensioni) sono legate dall'andamento della curva

di potenza caratteristica, che esprime la potenza elettrica che la macchina rende disponibile al variare della velocità del vento e che è riportata nel grafico 1 per un comune microaerogeneratore da 500 W.

Come si osserva dalla curva di potenza caratteristica, l'aerogeneratore opera a seconda della forza del vento e al di sotto di una certa velocità (detta velocità di «cut in») la macchina resta ferma. Affinché vi sia l'avviamento è necessario che la velocità del vento raggiunga una soglia minima, diversa da macchina a macchina. Generalmente la velocità di «cut in» è posta tra 3 e 5 m/s.

Per velocità del vento superiori a un certo valore (velocità di cut out), generalmente posto attorno ai 25 m/s, l'aerogeneratore si ferma, per evitare di danneggiare la turbina.

Il controllo della velocità di sicurezza per un miniaerogeneratore è di tipo passivo e generalmente viene realizzato mediante un disallineamento del rotore rispetto alla direzione del vento (figura 2).

Come è fatta una turbina

La quasi totalità delle turbine di piccola taglia costruite attualmente sono ad

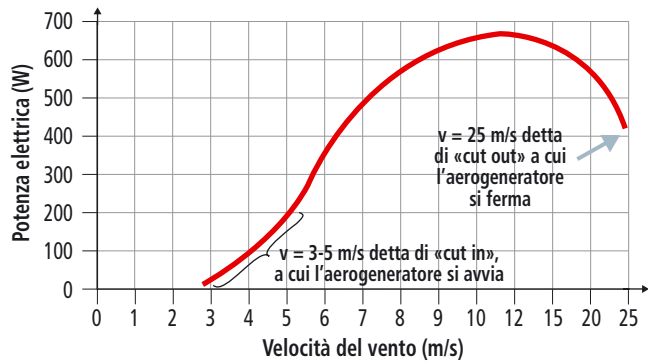


GRAFICO 1 - Curva di potenza caratteristica di un micro-aerogeneratore da 500 W

asse orizzontale, con 2, 3 o 4 pale generalmente realizzate di materiali compositi, come ad esempio la fibra di vetro.

Esistono anche tipologie di macchine ad asse verticale (che non tratteremo in questo ambito), caratterizzate da un buon livello di efficienza, ma particolarmente adatte a regimi di vento intensi e molto turbolenti (ad esempio ad alta quota) dove possono rendere in modo ottimale.

Come detto, la potenza della turbina è definita essenzialmente dal diametro del **rotore**. A tale grandezza è infatti associata l'«area spazzata», o la quantità di vento intercettato dalla turbina. L'energia cinetica del vento catturata viene quindi trasformata in movimento rotatorio in grado di alimentare il **generatore elettrico**, che funziona secondo il principio di induzione elettromagnetica (del tutto simile in linea teorica a quello di una dinamo di una bicicletta).

Un **timone** posto in coda garantisce la migliore posizione della turbina in relazione alla direzione di provenienza del vento.

Per quanto riguarda le dimensioni delle turbine di piccola taglia, come già accennato, si va da poche decine di watt fino a 20 kW circa. Le turbine più piccole, adatte a minime applicazioni prevalentemente nautiche, sono caratterizzate da diametri del rotore pari a 1 m circa o poco più, fino ad arrivare a 8-10 m per le taglie da 10 a 20 kW. Oltre tale soglia non ha più

molto senso parlare di minieolico.

La **torre di sostegno** può assumere diverse altezze, tuttavia la regola generale impone che la parte inferiore della pala non si trovi a una quota inferiore a 10 m circa dal suolo (figura 3).

Ovviamente più la turbina è potente migliori saranno le prestazioni a quote più elevate, fino a un massimo circa di 30 m per le turbine da 20 kW.

Produzione di energia

La produzione energetica di piccole turbine dipende fortemente dalle caratteristiche anemometriche del sito nel quale viene installata. Normalmente la maggior parte dei costrut-

FINANZIARIA 2008

Gli incentivi

La Finanziaria 2008 prevede che gli impianti collegati alla rete elettrica di potenza massima pari a 60 kW siano autorizzabili con una semplice Dichiarazione di inizio attività (Dia), in assenza di specifici vincoli ambientali. Il regime di scambio sul posto o la vendita diretta forniscono la possibilità di autoprodurre l'energia di cui si necessita o di richiedere la tariffa incentivante per l'energia prodotta e immessa in rete, pari a 0,30 euro/kWh. Il meccanismo dei Certificati verdi completa poi le possibilità di incentivazione delle fonti rinnovabili che oltre a dare una mano all'ambiente, cominciano a diventare anche un'interessante forma di investimento.

tori fornisce una stima della produzione annua in condizioni standard di vento (generalmente 5,5 m/s che corrisponde a un sito con un buon livello di ventosità). Mediamente, in tali condizioni, la produzione media annua si attesta attorno a 2-2,5 MWh all'anno per 1 kW di potenza installata, cioè la quantità di energia elettrica necessaria ogni anno per un'utenza domestica di medie dimensioni.

Per una produzione energetica di tale ordine si dice anche che il particolare sito è caratterizzato da un numero di ore equivalenti pari a 2.000-2.500. Le ore equivalenti sono il risultato del rapporto tra l'energia prodotta (in kWh) e la potenza installata (in kW) e, affinché l'impianto possa essere sufficientemente produttivo ed economicamente sostenibile, è buona norma non scendere mai al di sotto delle 1.500-1.800 ore equivalenti.

Uso dell'energia prodotta

Per poter valorizzare l'energia elettrica prodotta dall'aerogeneratore è necessario che la macchina sia connessa alla rete elettrica o, in assenza di questa, a un sistema di accumulo composto da una serie di batterie.

Impianto non connesso alla rete. Nei sistemi non connessi alla rete e quindi equipaggiati da batterie si dovrà necessariamente prevedere un sistema di regolazione in grado di gestire correttamente il livello di carica (figura 5). L'energia può essere subito disponibile per il carico, nel caso quest'ultimo sia equipaggiato da dispositivi a corrente continua, oppure, in caso contrario, un inverter dovrà trasformare la corrente da continua ad alternata prima che quest'ultima possa essere utilizzata.

È opportuno precisare che tutti i dispositivi a valle della turbina riducono,



FIGURA 2 - Fasi del disallineamento del rotore

Per evitare che l'eccessiva intensità del vento danneggi la turbina, o uno dei suoi componenti, è necessario che per velocità superiori a 25 m/s (circa 7 km/ora) l'aerogeneratore venga progressivamente disallineato rispetto alla direzione del vento.

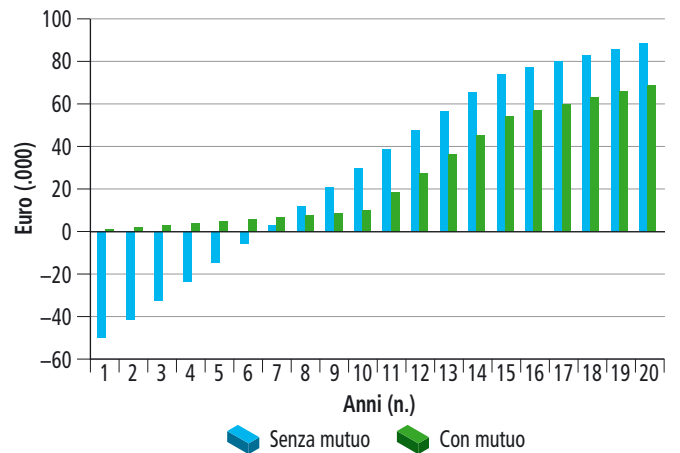


GRAFICO 2 - Flussi di cassa dell'investimento in un aerogeneratore con e senza mutuo

Dopo 20 anni si ottiene un guadagno netto che raggiunge il 50% dell'investimento iniziale nel caso di installazione senza ricorrere a mutuo bancario.

in parte, il rendimento della trasformazione energetica, così che solo il 70% dell'energia elettrica effettivamente prodotta dalla turbina arriva al carico per essere utilizzata.

Impianto connesso alla rete. Non sono necessarie le batterie, ma diventa indispensabile, oltre all'inverter, anche un contatore per misurare la quantità di energia immessa nella rete (figura 6). In questa configurazione è possibile scegliere due modalità di valorizzazione energetica: lo scambio sul posto e la vendita diretta. Nel primo caso il proprietario dell'impianto utilizza la rete elettrica come un enorme magazzino nel quale immette l'energia che produce per poi riprenderla quando ne ha necessità. Il proprietario autoproduce l'energia elettrica di cui ha bisogno con la possibilità, grazie alla rete, di poterla utilizzare anche in un momento diverso da quello nel quale viene prodotta. Aderendo a tale modalità di connessione è buona norma fare in modo che il quantitativo di energia prodotta non sia superiore al fabbisogno. L'eccedenza non viene infatti remunerata, ma va a credito per l'anno ed eventualmente gli anni successivi.

In regime di vendita diretta, invece, il proprietario dell'impianto vende direttamente l'energia prodotta al Gestore del sistema elettrico (Gse), il quale la può incentivare in due modi, a scelta del proprietario: la tariffa omnicomprensiva o i Certificati verdi.

La prima modalità, valida solo per impianti eolici inferiori a 200 kW (1 MW per le altre fonti rinnovabili) corrisponde e garantisce al proprietario 30 centesimi di euro per ogni kWh prodotto e venduto alla rete per i 15 anni successivi all'avvio della produzione. Oltre i 15 anni non viene più erogato l'incentivo ma solo la tariffa di base.

In alternativa è possibile aderire al meccanismo dei Certificati verdi, ossia

titoli che attestano la produzione di un certo quantitativo di energia elettrica da fonte rinnovabile e che possono essere scambiati in un apposito mercato o tramite contrattazioni bilaterali. Questi ultimi aspetti economici e incentivanti verranno approfonditamente trattati nei prossimi numeri.

Applicazioni possibili

Come detto esistono diverse taglie di turbine eoliche di piccola taglia, da poche decine di watt fino a 20 kW. Le applicazioni più piccole sono spesso destinate a usi nautici, mentre man mano che si cresce di potenza gli usi si spostano alla residenza fino ad attività agricole, ricettive (come ad esempio baite e agriturismo) e di piccola o media impresa.

Prospettive di diffusione

Stimare la quantità di turbine di piccola taglia in Italia e nel mondo è molto difficile poiché non esistono contabilizzazioni certe né dell'energia prodotta né delle macchine vendute. È tuttavia possibile affermare che a oggi sono circa 50 le case costruttrici di piccole turbine in tutto il mondo, sia in occidente sia in oriente, e i maggiori Stati produttori sono Stati Uniti, Germania e Danimarca. Le case oc-

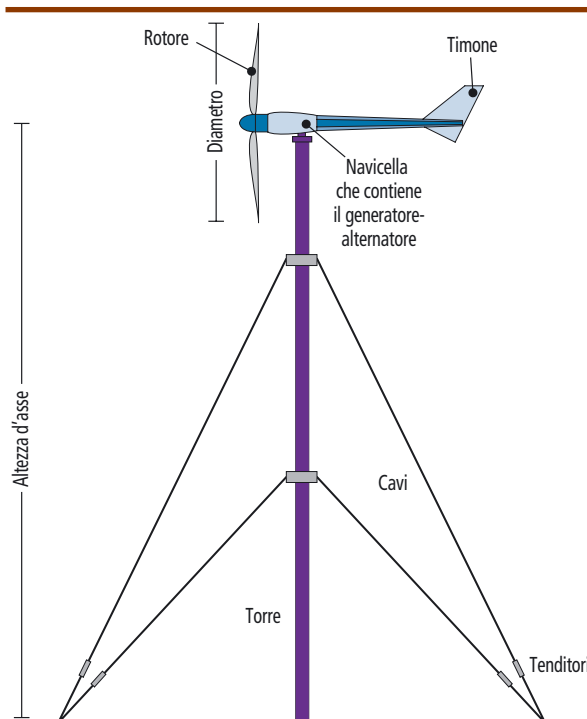


FIGURA 3 - Schema di un aerogeneratore

La parte inferiore della pala non deve trovarsi a meno di 10 m da suolo.

cidentali hanno realizzato complessivamente circa 70.000 turbine di piccola taglia negli ultimi 20 anni e alcune decine di migliaia sono state prodotte dalla Cina destinate ai nomadi delle steppe della Mongolia.

Nel contesto italiano l'energia eolica ha trovato, nell'ultimo decennio, un largo sviluppo per quanto riguarda aerogeneratori di dimensioni medio-grandi, mentre solo marginali risultano essere le installazioni di macchine con potenza nominale inferiore a 20 kW. Quest'ultimo aspetto era in gran parte dovuto al quadro normativo, e in particolare a quello tariffario, che di certo non incentivava una scelta di questo tipo.

Le recenti disposizioni legislative, e in particolare le ultime leggi finanziarie, hanno invece introdotto regole e incentivi in grado di spingere alla crescita lo sviluppo di tale tecnologia. In particolare, per quanto riguarda gli impianti eolici, il meccanismo di scambio sul posto o in alternativa la vendita diretta (per l'accesso alla tariffa incentivante onnicomprensiva) è stata estesa a tutti gli impianti fino a un massimo di 200 kW (oltre tale soglia la vendita diretta comporta automaticamente l'adesione al

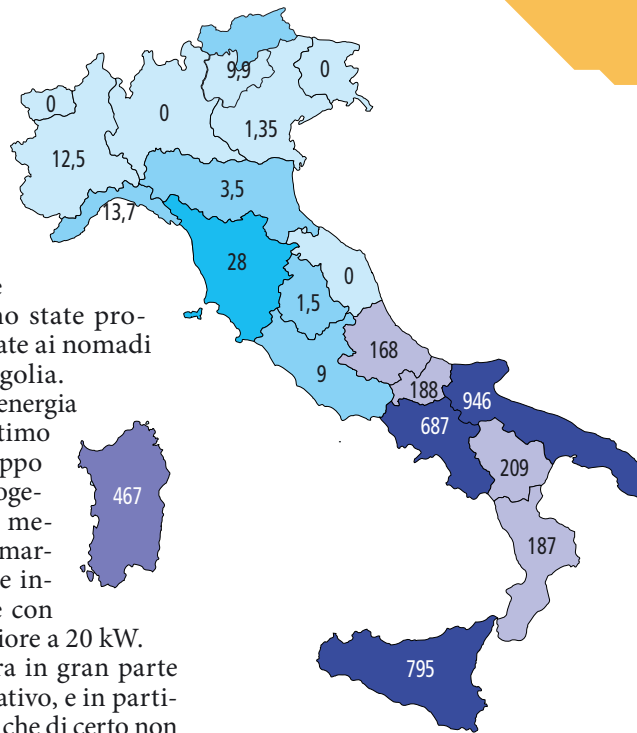


FIGURA 4 - Potenza eolica installata nelle regioni italiane alla fine del 2008

meccanismo dei Certificati verdi). Questi ultimi aspetti portano a supporre che nei prossimi anni si possa sviluppare una forte diffusione della tecnologia minieolica, così come è avvenuto per gli impianti fotovoltaici che, sebbene ampiamente favoriti dal Conto energia attivato nel 2006 e che prevede, diversamente a quanto previsto per l'eolico, tariffe di vendita incenti-

vanti dell'energia elettrica prodotta anche in regime di scambio sul posto, hanno visto crescere la propria potenza installata in Italia fino a circa 200 MW in soli 3 anni, con un obiettivo di 3.000 MW al 2016.

Costi

I costi di un impianto eolico di piccole dimensioni possono variare a seconda della taglia della turbina e dei dispositivi di supporto che si utilizzano (batterie, inverter, regolatori di carica, altezza della torre di sostegno). Negli ultimi anni i costi dei generatori eolici di piccola taglia sono progressivamente diminuiti grazie allo sviluppo tecnologico di sistemi sempre più integrati e standardizzati. In media, un sistema completo, chiavi in mano, costa da 5.000 a 7.000 euro/kW di potenza per macchine fino a circa 5 kW, mentre cala a 2.000-3.000 euro per dimensioni superiori.

Il tempo di ritorno di un investimento di questo tipo risulta sostenibile a patto che il sito sia sufficientemente ventoso. Il seguente esempio ne dimostra la convenienza.

Esempio. Supponendo di installare un aerogeneratore da 20 kW in un sito caratterizzato da una velocità media del vento pari a 4,5 m/s, è possibile stimare una produzione media annua pari a 30.000 kWh (1.500 ore equivalenti). Il

CENNI DI STORIA

Dalle prime turbine ai parchi eolici

Il vento, da secoli, rappresenta per l'uomo una delle fonti energetiche più importanti, consentendo la navigazione, l'irrigazione dei campi, la macinatura del grano, la spremitura dell'olio e lo sviluppo di varie e diverse attività artigianali e produttive. Le prime informazioni sui mulini a vento portano in Afghanistan e in Cina. Da qui, nel Medioevo, la tecnologia si diffuse successivamente in Europa e nell'area del Mediterraneo.

In Olanda, e più in generale nell'Europa nord occidentale, si sviluppò il mulino ad asse orizzontale, precursore delle macchine moderne, anche se fu con l'epoca del cosiddetto «mulino americano» (metà del diciannovesimo secolo) che venne realizzato il passo decisivo. Nel 1888, a Cleveland (Ohio), Charles Brush completò la realizzazione di ciò che viene considerata la prima turbina eolica destinata alla generazione elettrica. Era la realizzazione più grande allora esi-

stente, con una torre alta più di 18 m e un rotore costituito da 144 pale di legno con diametro di 17 m. Il generatore impiegato aveva una potenza di 12 kW.

Il passo successivo verso l'impiego dell'energia eolica per la generazione di elettricità venne fatto dal danese Poul La Cour, che iniziò a utilizzare rotori con poche pale. Nel 1918, in Danimarca, circa il 3% del consumo nazionale di elettricità veniva soddisfatto da turbine eoliche.

Durante la Seconda guerra mondiale iniziarono gli studi che sarebbero poi confluiti nella realizzazione delle macchine con rotori bipala e tripala come oggi li conosciamo. Tali dispositivi sono attualmente caratterizzati da potenze unitarie che possono arrivare fino a 2 MW e oltre e che formano i cosiddetti parchi eolici, in inglese *wind farm*, cioè impianti composti da un elevato numero di aerogeneratori connessi in serie e collegati alla rete elettrica di

trasmissione nazionale in grado di rendere disponibili diverse decine di megawatt. Tuttavia, in un contesto in cui assumono sempre più importanza la salvaguardia dell'ambiente, la riduzione delle emissioni atmosferiche di gas serra, la possibilità di autoproduzione di una parte del proprio fabbisogno e i favorevoli aspetti economici incentivanti, lo sfruttamento dell'energia del vento, anche con macchine di piccola taglia, è diventata un'efficace possibilità di produzione energetica ad alta sostenibilità ambientale. I primi prototipi di tali turbine nacquero verso la metà degli anni 70 da parte di progettisti e hobbisti in piccoli laboratori soprattutto come integrazione all'energia della rete locale. A oggi è possibile trovare sul mercato un'ampia gamma di modelli per soddisfare le diverse esigenze. Ovviamente condizione necessaria per le applicazioni in oggetto è la presenza di risorsa eolica, cioè del vento. •

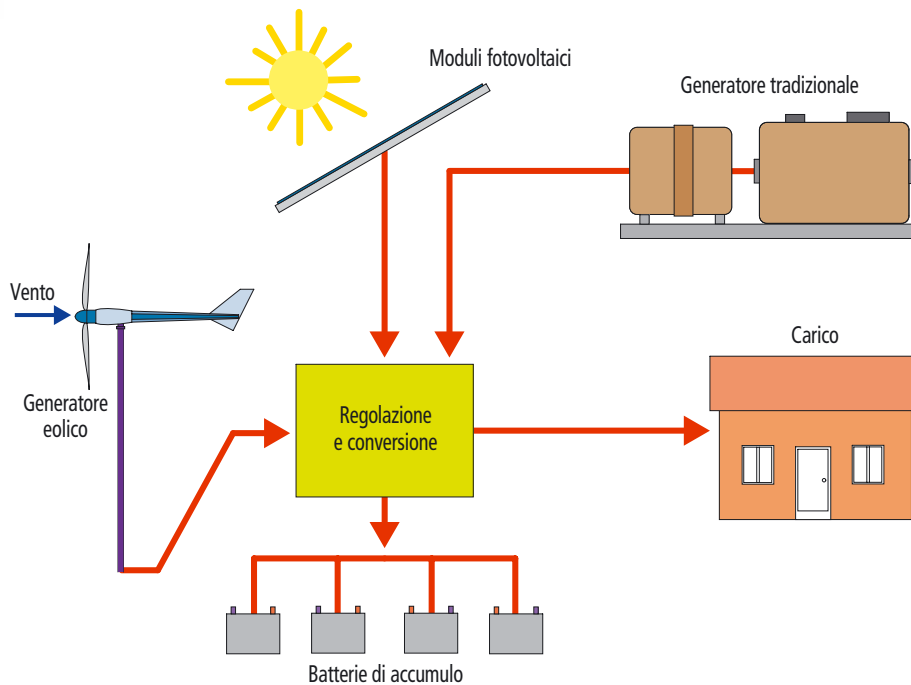


FIGURA 5 - Schema di un impianto misto (eolico, fotovoltaico, generatore tradizionale) non connesso alla rete

L'energia elettrica prodotta dal generatore eolico, dai moduli fotovoltaici e dal generatore viene trasformata con un inverter da continua ad alternata. Inoltre il sistema, non essendo collegato alla rete elettrica, deve dotarsi di un sistema di batterie per l'accumulo dell'elettricità prodotta.

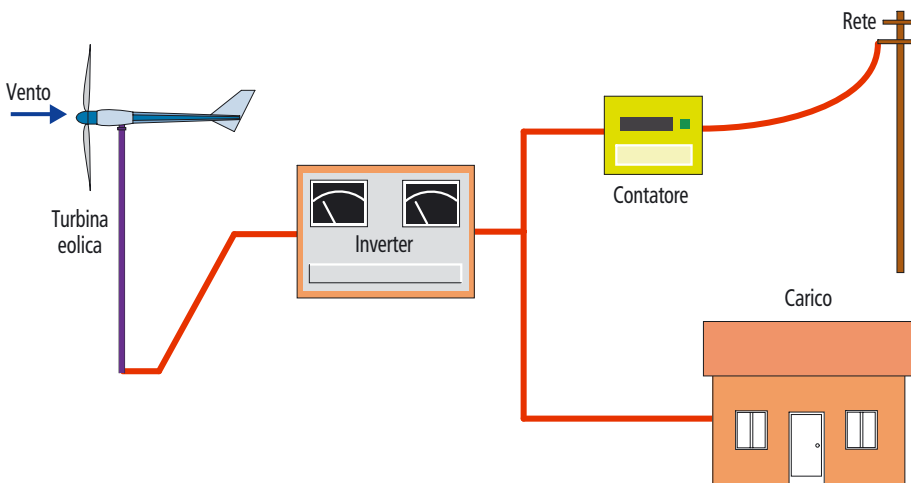


FIGURA 6 - Schema di un impianto connesso alla rete

Per connettere un impianto alla rete è necessario installare un contatore bidirezionale, che misura, cioè, l'energia prodotta nonché immessa in rete e quella prelevata.

ricavo annuale ottenuto dall'energia venduta è pari a 9.000 euro per i primi 15 anni e poco meno di 3.000 per gli anni successivi (si è considerato un prezzo di vendita pari a 0,30 euro/kWh per i primi 15 anni e poco meno di 10 centesimi per gli anni successivi). Potendo acquistare l'aerogeneratore senza ricorrere a un mutuo bancario, per guadagnare, al netto dell'investi-

mento, un valore pari all'investimento stesso servono circa 10 anni.

Questo periodo, ipotizzando di avvalersi invece di un mutuo per l'intero importo (da restituire in 10 anni con tasso del 10% e tasso di attualizzazione del 4%) si aggira attorno ai 16 anni.

Il grafico 2 riporta i flussi di cassa nel caso maggiormente penalizzante.

Come si osserva, in entrambi i casi do-

Per approfondire

- Elettricità dal vento. Impianti di piccola scala. Paul Gipe, Franco Muzio Editore, 1999.
- U.S. Department of energy, wind energy program: www.eren.doe.gov/wind
- Ises Italia: www.isesitalia.it
- Enel green power: www.enel.it/erga
- American wind energy association: www.awew.org
- Danish wind industry association: www.windpower.dk

po 20 anni si ottiene un guadagno netto che raggiunge il 50% dell'investimento iniziale nel caso di installazione senza ricorrere a mutuo bancario. Tali aspetti rendono la tecnologia del minieolico anche un'interessante ipotesi di investimento economica a lungo termine.

Una tecnologia già matura

Gli impianti eolici di piccola taglia sono caratterizzati da un elevato livello di maturità e affidabilità tecnologica, nonché da una favorevole economicità che fanno credere in un possibile sviluppo e diffusione di tale modalità di produzione energetica nei prossimi anni.

Le case produttrici stanno progressivamente abbassando i costi di produzione in seguito alla standardizzazione dei processi e dei materiali utilizzati. Un'ulteriore spinta è stata fornita dalle politiche energetiche dei diversi Paesi, e in particolare dall'Italia, le quali rendono vantaggiosa l'installazione di impianti connessi alla rete elettrica nazionale tramite il meccanismo di scambio sul posto. Dal punto di vista ambientale tali impianti non presentano particolari problemi di sostenibilità e, a differenza delle turbine gemelle di taglia più elevata, possono essere quasi completamente trascurati gli impatti sul paesaggio e sulla fauna e nonché effetti legati all'inquinamento acustico ed elettromagnetico.

Tali dispositivi, inoltre, contribuiscono a produrre energia pulita dove viene utilizzata riducendo i costi di gestione legati al trasporto dell'energia e quelli di manutenzione della rete di trasmissione che trae sempre beneficio da fonti di ingresso diffuse sul territorio in grado di migliorarne la stabilità.

● **Antonio Siciliano**

Istituto di ricerche Ambiente Italia
Politecnico di Milano - Dipartimento Best
antonio.siciliano@ambienteitalia.it