



**il futuro è nelle tue mani**  
GUIDA AL MINI EOLICO



Green Power

# soluzioni per l'utilizzo evoluto dell'energia

NELLE ABITAZIONI E NEGLI AMBIENTI DI LAVORO

Enel Green Power, attraverso la Rete in franchising Punto Enel Green Power\*, pone particolare attenzione ai temi dell'efficienza energetica e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili in quanto rappresentano le principali leve per raggiungere gli obiettivi del risparmio energetico individuale e della salvaguardia dell'ambiente per uno sviluppo sostenibile.

È interamente dedicata alle fonti rinnovabili e offre soluzioni complete per l'utilizzo evoluto dell'energia nelle abitazioni e in tutti gli ambienti di lavoro.

La Rete Punto Enel Green Power propone al cliente finale la migliore soluzione dal punto di vista del risparmio e dell'efficienza energetica, perseguendo, grazie alle più evolute tecnologie presenti sul mercato, obiettivi di ottimizzazione delle risorse energetiche, nel rispetto dell'ambiente.

\*Punto Enel Green Power è la Rete in franchising del Gruppo Enel Green Power SpA.

**ENEL GREEN POWER OFFRE I PROPRI SERVIZI ATTRAVERSO LA RETE PUNTO ENEL GREEN POWER COSTITUITA DA AZIENDE SELEZIONATE E SPECIALIZZATE IN QUESTO SETTORE. GLI AFFILIATI PRESENTI SU TUTTO IL TERRITORIO NAZIONALE RAPPRESENTANO IL PUNTO DI CONTATTO OPERATIVO PER APPROFONDIRE, DEFINIRE E DARE SEGUITO A QUESTI INTERVENTI IN TUTTA TRANQUILLITÀ.**

**l'energia  
del vento  
al tuo servizio**

con tutta la sua forza



# l'energia eolica

una fonte di energia pulita e inesauribile

Perché dobbiamo puntare all'utilizzo dell'energia del vento attraverso generatori mini eolici:

- il vento è una fonte di energia pulita e inesauribile;
- fa uso di una tecnologia consolidata, affidabile e competitiva;
- si adatta perfettamente ad attuare i principi della generazione distribuita con tutti i benefici conseguenti alla vicinanza del punto di produzione dell'energia a quello del consumo;
- ha un impatto limitato sia in termini di altezze necessarie per i generatori che di spazio di rispetto necessario attorno a essi. Anche le emissioni sonore sono in genere ridottissime.

Un impianto eolico di piccola taglia è un impianto per la produzione di energia elettrica dal vento. Facendo tesoro dell'esperienza accumulata dall'uomo nel corso dei millenni, la moderna tecnologia mini eolica permette di trasformare l'energia cinetica del vento in energia meccanica e da questa, attraverso un generatore elettrico, in energia elettrica.

# cos'è un impianto mini eolico

trasforma  
l'energia cinetica  
del vento  
in energia meccanica

Eredi dei mulini a vento, i sistemi eolici di piccola taglia, anche detti per semplicità mini eolici, sfruttano la risorsa "vento" per produrre energia elettrica. Si dà a questi sistemi il nome di "mini" per differenziarli dai grandi impianti che costituiscono le centrali eoliche, le cosiddette wind farm.

Proprio per effetto delle ridotte dimensioni e della semplicità di installazione si adattano molto bene all'inserimento presso insediamenti esistenti di privati e aziende.

In questa vasta famiglia di impianti rientrano sistemi dalle caratteristiche e applicazioni più svariate.

La tabella in basso fornisce una prima indicazione delle diverse tipologie di turbine eoliche classificate per potenza elettrica nominale e per applicazione.

Taglia	Potenza elettrica erogata a velocità nominale	Diametro rotore	Altezza palo	Applicazioni tipiche
XS	Qualche centinaio di watt	1 ÷ 2 m	2 ÷ 6 m	Imbarcazioni, camper, piccole utenze isolate
S	Da 1 kW a 6 kW	2 ÷ 5 m	6 ÷ 8 m	Abitazioni, strutture commerciali e PMI, installazioni a terra o su tetto anche in ambito urbano, utenze isolate o connesse alla rete elettrica
M	Oltre 6 kW fino a 60 kW	5 ÷ 18 m	8 ÷ 30 m	Agriturismi, camping, villaggi, strutture commerciali, aziende agricole e PMI, per installazioni a terra e utenze connesse alla rete elettrica
L	Oltre 60 kW fino a 200 kW	18 ÷ 30 m	30 ÷ 60 m	Aziende Agricole e PMI, per installazioni a terra e utenze connesse alla rete elettrica

# i vantaggi

- Assenza di qualsiasi tipo d'emissione inquinante
- Risparmio dei combustibili fossili
- Costi competitivi
- Manutenzione ridotta
- Basso impatto ambientale



# le diverse tipologie di impianti

per esigenze  
di privati e  
aziende

Un'ulteriore classificazione può risultare utile, in base alla tecnologia utilizzata:

- **impianti ad asse orizzontale** (bipala, tripala, multipala). Sono i più diffusi, derivati dalla tecnologia delle grandi centrali eoliche. Il rotore è disposto verticalmente e si orienta inseguendo la direzione del vento;
- **impianti ad asse verticale**. Il rotore si presenta in svariate forme e geometrie sulla base della soluzione tecnica individuata dal singolo produttore. Hanno caratteristiche interessanti in termini di robustezza e silenziosità anche se in genere sono più costosi dei precedenti.

Un sistema mini eolico connesso alla rete elettrica è costituito dai seguenti componenti:

- sostegno, generalmente costituito da un palo in acciaio infisso nel terreno (direttamente o più spesso tramite fondazione in c.a.) o posto sulla sommità degli edifici. L'altezza del palo è correlato alla potenza dell'impianto e può variare da un minimo di 2 metri (piccoli sistemi da qualche centinaia di watt di potenza) a oltre 50 metri per sistemi da 200 kW di potenza;
- turbina, costituita a sua volta dal rotore (le pale) e dalla navicella che contiene gli organi meccanici di trasmissione del moto impresso dal rotore e il generatore elettrico;
- sistema di controllo del generatore e inverter, ovvero le apparecchiature elettroniche che gestiscono il funzionamento del sistema rotore-generatore in tutte le condizioni di vento e che consentono l'adeguamento dell'energia elettrica prodotta alle caratteristiche della rete elettrica.

una scelta accurata  
per una buona  
produzione di  
energia

## come reagisce un impianto alle sollecitazioni del vento

L'intensità del vento viene misurata attraverso la sua velocità (in metri al secondo o chilometri all'ora). Per una quantificazione immediata dei valori di velocità del vento si veda a livello indicativo la scala Beaufort qui riportata. In genere un impianto eolico di piccola taglia non reagisce alle sollecitazioni del vento sino a una velocità di circa 3-3,5 metri al secondo (circa 11-13 km/h). Superata questa velocità minima del vento il rotore si avvia spontaneamente e inizia a generare energia elettrica. Tuttavia ai bassi regimi di vento corrispondono esigui valori di potenza erogata dalla macchina. Ciò significa che, ad esempio, una turbina da 1 kW di potenza nominale, in condizioni minime di vento tali da farla avviare potrà generare una potenza trascurabile, non superiore a qualche decina di watt. Al crescere del vento, la potenza prodotta dalla macchina aumenta in modo più che proporzionale, sino a raggiungere i valori dichiarati come "nominali" a 12-14 metri al secondo (circa 40-50 km/h).

Velocità del vento superiori alla nominale determinano incrementi di potenza elettrica generata assai limitati poiché i sistemi di controllo (elettronici e/o meccanici) intervengono per ridurre le sollecitazioni a cui vengono sottoposti gli organi meccanici ed elettrici. In condizioni estreme di vento quasi tutti i sistemi eolici si arrestano per evitare danneggiamenti. Considerando quanto sopra detto, è necessario scegliere un sito che non solo sia in grado di mettere in movimento il generatore eolico ma che sia mediamente tale da garantire nel tempo una potenza erogata, e conseguentemente una energia generata, adeguata a giustificare la spesa iniziale sostenuta. Il dato che fornisce un buon criterio di valutazione, sia pure indicativo, **è la velocità media del vento su base annuale del sito prescelto**. Si tratta di un parametro che si mantiene abbastanza costante negli anni e garantisce, quindi, stabilità di benefici in termini di energia prodotta.





#### INTENSITÀ DEL VENTO ED EFFETTI SULL'AMBIENTE (SCALA DI BEAUFORT)

<b>Velocità del vento (m/s)</b>	<b>Velocità del vento (km/h)</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Effetti sull'ambiente</b>
0 ÷ 0,2	0 ÷ 1	Calma	Il fumo sale verticalmente
0,3 ÷ 1,5	2 ÷ 5	Bava di vento	Movimento del vento visibile dal fumo
1,6 ÷ 3,3	6 ÷ 11	Brezza leggera	Si sente il vento sulla pelle nuda. Le foglie frusciano
3,4 ÷ 5,4	12 ÷ 19	Brezza	Movimento costante delle foglie e di rami sottili
5,5 ÷ 7,9	20 ÷ 28	Brezza vivace	Movimento di rami; si alzano polveri e carta
8,0 ÷ 10,7	29 ÷ 38	Brezza tesa	Piccoli alberi oscillano
10,8 ÷ 13,8	39 ÷ 49	Vento fresco	Movimento di grossi rami; difficoltà ad utilizzare l'ombrello
13,9 ÷ 17,1	50 ÷ 61	Vento forte	Grossi alberi ondeggiando; difficoltà ad avanzare
17,2 ÷ 20,7	62 ÷ 74	Burrasca moderata	Il vento rompe i rami. Impossibile camminare contro vento
20,8 ÷ 24,4	75 ÷ 88	Burrasca forte	Leggeri danni alle case (tegole e camini)
24,5 ÷ 28,4	89 ÷ 102	Tempesta	Alberi sradicati; gravi danni alle case
28,5 ÷ 32,6	103 ÷ 117	Fortunale	Vasti danni strutturali
32,7 +	118 +	Uragano	Danni ingenti ed estesi alle strutture

# quanto è veloce il vento

requisiti e vantaggi  
per l'installazione di un impianto

# dove è possibile l'installazione

In linea del tutto generale e intuitiva, escludendo considerazioni di carattere ambientale e autorizzativo, si può convenientemente installare un impianto mini eolico laddove le condizioni di vento nell'arco dell'anno siano tali da garantirne un adeguato funzionamento e una produzione di energia che garantisca un'accettabile remunerazione del costo sostenuto.

Ma come si può valutare il sito dal punto di vista della sua idoneità a produrre una quantità di energia soddisfacente?

Si fa ricorso come già detto alla velocità media del vento su base annuale. È quindi importante valutare tale grandezza nel punto esatto e l'altezza in cui si intende installare il generatore mini eolico.

Siti con velocità media annua inferiore a 4,5 metri al secondo (circa 16 km/h) non sono in generale considerati remunerativi. Il territorio italiano è contraddistinto da valori della velocità media del vento di solito non elevati. Ad altezze contenute dal livello del terreno sottostante (non superiori a 25 metri di altezza) questo valore è generalmente compreso fra 2 e 7 metri al secondo.

A livello del tutto orientativo si registrano velocità medie annue superiori al valore minimo ammissibile lungo le coste, sui rilievi e in molte aree del centro sud e delle isole.

Un'indicazione più precisa ma pur sempre del tutto orientativa è possibile ricavarla dalle mappe eoliche del territorio.

A tale proposito si cita l'Atlante eolico dell'Italia e che è disponibile su internet in forma interattiva, al sito <http://atlanteeolico.erse-web.it/viewer.htm> realizzato dall'ERSE (ENEA - Ricerca sul Sistema Elettrico SpA). Per la valutazione del sito ai fini di un'installazione mini eolica di piccola potenza (fino a 50 kW) si consiglia di utilizzare le mappe a 25 m dal suolo.

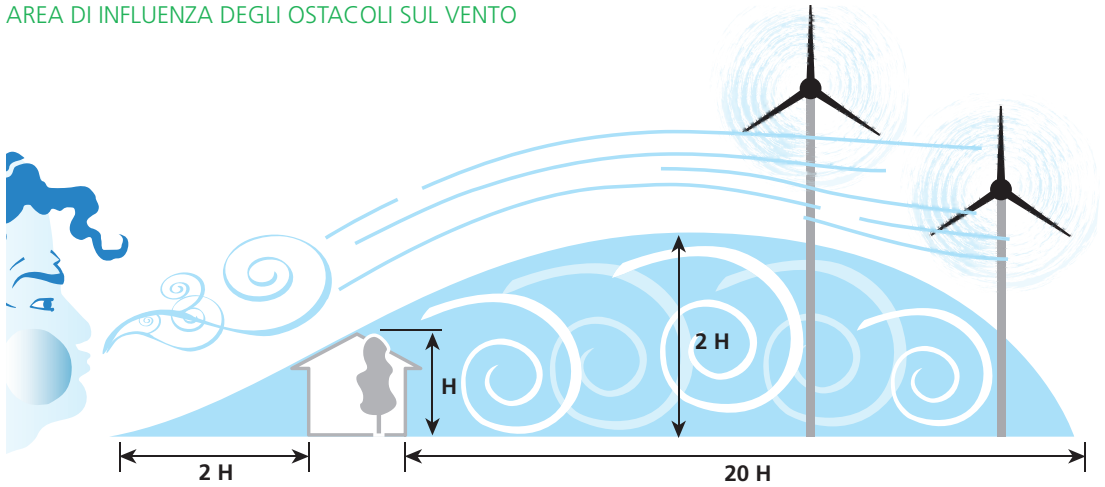
D'altra parte questa valutazione non è sempre sufficiente a garantire una corretta valutazione del sito in termini di ventosità media annua. Infatti, pur prescindendo dai margini di approssimazione di queste mappe, la morfologia specifica del sito può influenzare in modo determinante il valore puntuale della velocità del vento e quindi della produttività dell'impianto.

Sempre a livello orientativo è possibile utilizzare in alcuni casi altri metodi empirici per valutare la risorsa vento di un sito. Qualora siano presenti alberi sempreverdi (ad es. conifere) si può utilizzare il metodo di **Griggs-Putnam** basato su una valutazione qualitativa del grado di deformazione permanente delle chiome degli alberi.

### SCALA GRIGGS-PUTNAM DELLA DEFORMAZIONE DELLE CONIFERE IN FUNZIONE DEL VENTO MEDIO

	<b>Direzione del vento prevalente</b>			
				
0 - nessuna deformazione	I - direzionalità foglie 3-4 m/s	II - leggera direzionalità rami 4-5 m/s	III - direzionalità rami media 5-6 m/s	
				
IV - direzionalità rami forte 6-7 m/s	V - piega chioma e direzionalità rami 7-8 m/s	VI - direzionalità rami e inclinazione tronco 8-9 m/s	VII - appiattimento 10 m/s	

## AREA DI INFLUENZA DEGLI OSTACOLI SUL VENTO



**tanto più  
ci si eleva dal suolo  
tanto maggiore sarà  
la velocità  
del vento**

Come criterio di buon senso, occorre verificare che siano assenti ostacoli (edifici, alberi, ecc.) tali da influenzare il flusso d'aria che investe il generatore.

A tal fine si consideri che un ostacolo fa sentire il suo influsso negativo, generando turbolenze sino ad altezze pari al doppio della sua altezza, in un raggio dalla base dello stesso pari a circa 20 volte la sua altezza. Pertanto, in presenza di ostacoli e qualora l'altezza della turbina non sia tale da sopravanzare le turbolenze generate, è consigliabile posizionare l'impianto a una distanza pari a circa 20 volte l'altezza dell'ostacolo stesso (si veda la figura in alto, fonte Dipartimento USA dell'Energia).

Si consideri inoltre che a parità di sito tanto più ci si eleva dal suolo tanto maggiore sarà la velocità del vento a disposizione. In ogni caso, qualora l'entità dell'investimento che si vuole sostenere sia rilevante e volendo quindi avere dei dati più accurati e oggettivi sulla risorsa vento prima di installare l'impianto, occorre effettuare delle misurazioni in loco con specifici strumenti e per un periodo di tempo adeguato. Attraverso tali misure sarà possibile stimare non solo la velocità media annua del vento ma anche la sua direzione prevalente e la sua curva di distribuzione attorno al valore medio.

# quali autorizzazioni occorrono

La legge Finanziaria 2008 prevede che l'installazione di impianti mini eolici di potenza fino a 60 kW possa essere autorizzata, in assenza di vincoli, mediante una Denuncia di Inizio Attività (DIA) presso il Comune di appartenenza.

Qualora l'impianto venga installato in un'area protetta, bisognerà richiedere all'autorità competente sul territorio (l'Ente locale, l'Ente parco, la Soprintendenza ai beni culturali) un "nulla osta".

Alcune Regioni hanno emesso dei regolamenti che disciplinano le autorizzazioni per gli impianti di produzione da fonti rinnovabili come gli impianti mini eolici e in taluni casi modificano l'indicazione nazionale.

In linea generale, qualora non sia possibile fare ricorso al procedimento semplificato della DIA, occorre richiedere l'autorizzazione a installare l'impianto attraverso il procedimento unico (D.Lgs. n. 387/03).

# quanta energia produce un impianto

circa  
1000/1800 kWh  
per ogni kW  
di potenza

Una volta stimate con metodi più o meno accurati la velocità media annua del vento del sito e la sua distribuzione nel tempo attorno a questo valore e scelta la turbina mini eolica, è possibile calcolare la produzione annua di energia elettrica attesa. A livello indicativo, un impianto mini eolico installato correttamente in un sito con velocità media annua fra 5 e 6 m/s fornisce una produzione annua compresa fra 1.000 e 1.800 kWh per ogni kW di potenza nominale.

Si può in altri termini dire che l'impianto "lavora fra 1.000 e 1.800 ore equivalenti", intendendo dire con questa espressione che si sarebbe ottenuta la stessa produzione di energia elettrica facendo funzionare il generatore alla potenza nominale per lo stesso numero di ore in un anno.

Come già detto, l'effettiva produzione di energia elettrica è fortemente dipendente dal sito scelto, dall'altezza dal suolo del generatore e dalle caratteristiche del generatore stesso e può quindi differire anche sensibilmente dai valori sopraindicati.

assenza di  
emissioni di gas  
inquinanti

## i benefici per l'ambiente

La produzione di energia elettrica dal vento, così come le altre fonti rinnovabili, ha una ricaduta positiva sull'ambiente dovuta alla mancata emissione di gas inquinanti e climalteranti. Si stima che ogni kWh di energia elettrica così generata consenta di evitare l'immissione in atmosfera di circa 600 g di CO<sub>2</sub> altrimenti prodotta tramite combustibili fossili. Ad esempio un impianto mini eolico da 5 kW, dà luogo a mancate emissioni di CO<sub>2</sub> per circa 5-7 tonnellate all'anno (a seconda della ventosità del sito).





Le offerte  
Enel Green Power  
sono disponibili  
presso la Rete in franchising  
Punto Enel Green Power\*

**Numero Verde**  
**800.90.15.15**

**dal lunedì al venerdì**  
**dalle 9.00 alle 20.00**

**[enelgreenpower.com/offerta](http://enelgreenpower.com/offerta)**