



studio

CORRADI

engineering & research  
ingegneria e ricerca



[www.studiocorradi.it](http://www.studiocorradi.it)

## Una micro turbina eolica sviluppata per basso impatto ambientale

			Pagina 1 di 14	Pratica -	Identif. -
Rev.	Data	Motivazione	Redatto	Verificato	Approvato
00	2011				

Questo documento é di proprietà esclusiva. É proibita la riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza autorizzazione

Sede legale: Via del Teatro Romano n. 26 – 05100 TERNI

Sede operativa: Via del Serpente n. 9 – 05100 TERNI

Tel/Fax +39 0744 402303 - 437301, e-mail: [info@studiocorradi.it](mailto:info@studiocorradi.it) – [www.studiocorradi.it](http://www.studiocorradi.it)



## INDICE

<b>1. Premessa</b> .....	3
<b>2. Vantaggi del micro eolico</b> .....	3
<b>3. Scelta della macchina eolica</b> .....	4
<b>4. Il nuovo sistema microeolico progettato e realizzato dallo Studio Corradi</b> .....	4
<b>5. Scelta dell'area interessata all'impianto</b> .....	8
<b>6. Costi e ricavi relativi ad un investimento in un sistema microeolico</b> .....	9
<b>7. I flussi economico-finanziari</b> .....	12
<b>8. Manutenzione</b> .....	13
<b>9. Dati tecnici</b> .....	14

## 1. Premessa

Innanzitutto un pò di definizioni:

- Si definisce microeolico un sistema eolico da max 20 Kw, che è generalmente rappresentato da un palo di 20 m ed un rotore di diametro compreso tra 8 e 10 m;
- Se definisce minieolico un sistema eolico da max 200 KW, che è generalmente rappresentato da un palo di 35-40 metri ed un rotore di 30 m di diametro.
- Per potenze superiori si parla di grande eolico.

In Italia, ma anche all'estero, non si è ancora prestata molta attenzione al micro e mini eolico. Solo ultimamente ci si è accorti degli enormi vantaggi che sono in grado di fornire questi sistemi rispetto ai sistemi tradizionali rappresentati dal grande eolico.

## 2. Vantaggi del micro eolico

Normalmente l'utilizzo di miniaerogeneratori tra 5 e 20 KW di potenza nominale, con altezza del palo compresa tra 12 e 20 metri e rotori compresi tra 6 e 10 metri di diametro, rappresenta la soluzione ottimale per la realizzazione stand-alone per piccole attività (agriturismi o case di montagna) o di mini parchi eolici a servizio di piccoli comuni, comunità, aree industriali ecc. Ecco il perché:

1. L'impatto ambientale è praticamente nullo vista la piccola altezza (max 20 m) del palo, le basse velocità all'apice della pala – max 90 m/s – contro i 250 m/s del grande eolico, e la conseguente silenziosità e assenza di sibili;
2. Per i motivi sopra esposti, non è richiesta nessun tipo di autorizzazione ma una semplice DIA;
3. Dato che non ha bisogno di cabine di trasformazione particolari ma di semplici allacci trifase in bassa tensione, non servono grandi opere infrastrutturali né tanto meno opere di sbancamento, grossi scavi per cavidotti, estesa viabilità necessaria



per lo spostamento delle gru e i componenti dei generatori, eventuali edifici di servizio per le sottostazioni, ecc.;

4. E' perfettamente rispondente a diverse richieste energetiche fino ad arrivare a quelle di piccole zone artigianali e piccoli comuni fino a 4-5000 abitanti, che richiedano di annullare la relativa bolletta elettrica;
5. Va incontro alle nuove tendenze energetiche mondiali, che favoriscono la creazione di microsistemi di produzione energetica diffusi sul territorio ed interconnessi fra loro;

### **3. Scelta della macchina eolica**

La scelta del tipo di macchina è frutto delle seguenti considerazioni:

- Analisi della velocità media di vento;
- Consumo annuo di energia elettrica che, nel caso di un piccolo comune, corrisponde al consumo relativo all'illuminazione pubblica ed uffici e palazzi comunali; per esempio, per un comune di 2000 abitanti il consumo medio si attesta all'incirca a 150.000 Kwh corrispondente ad una bolletta elettrica di 30-35.000 €. Per soddisfare questa richiesta - a patto di avere dei siti sufficientemente ventosi - bastano 8-9 macchine da 10 KW ciascuna, da concentrare in uno o - meglio - più siti.

### **4. Il nuovo sistema microeolico progettato e realizzato dallo Studio Corradi**

Per meglio comprendere i vantaggi derivanti dall'utilizzo dei mini-aerogeneratori interamente progettati e realizzati dallo Studio Corradi, è necessario illustrare brevemente le caratteristiche tecnico-costruttive di questa tipologia di macchine. Si tratta di aerogeneratori il cui funzionamento è ottimizzato per velocità di vento medio-basse (intorno ai 9 m/s), che non presentano complessi e dispendiosi sistemi elettronici di controllo e le cui pale sono realizzate in materiale biocomposito utilizzando fibra naturale.

Proprio quest'ultima peculiarità risulta essere la più importante innovazione, unica attualmente al mondo nel suo genere eccezion fatta per un gruppo di ricerca dell'Università di Oxford che sta cercando di utilizzare fibre naturali per realizzare pale di grandi turbine. Lo STUDIO CORRADI, in collaborazione con l'Università degli Studi di Perugia e "La Sapienza" di Roma, ha eseguito una ricerca sperimentale durata quasi tre anni per poter giungere alla realizzazione dei primi prototipi di pala in materiale biocomposito utilizzando la fibra di bambù.

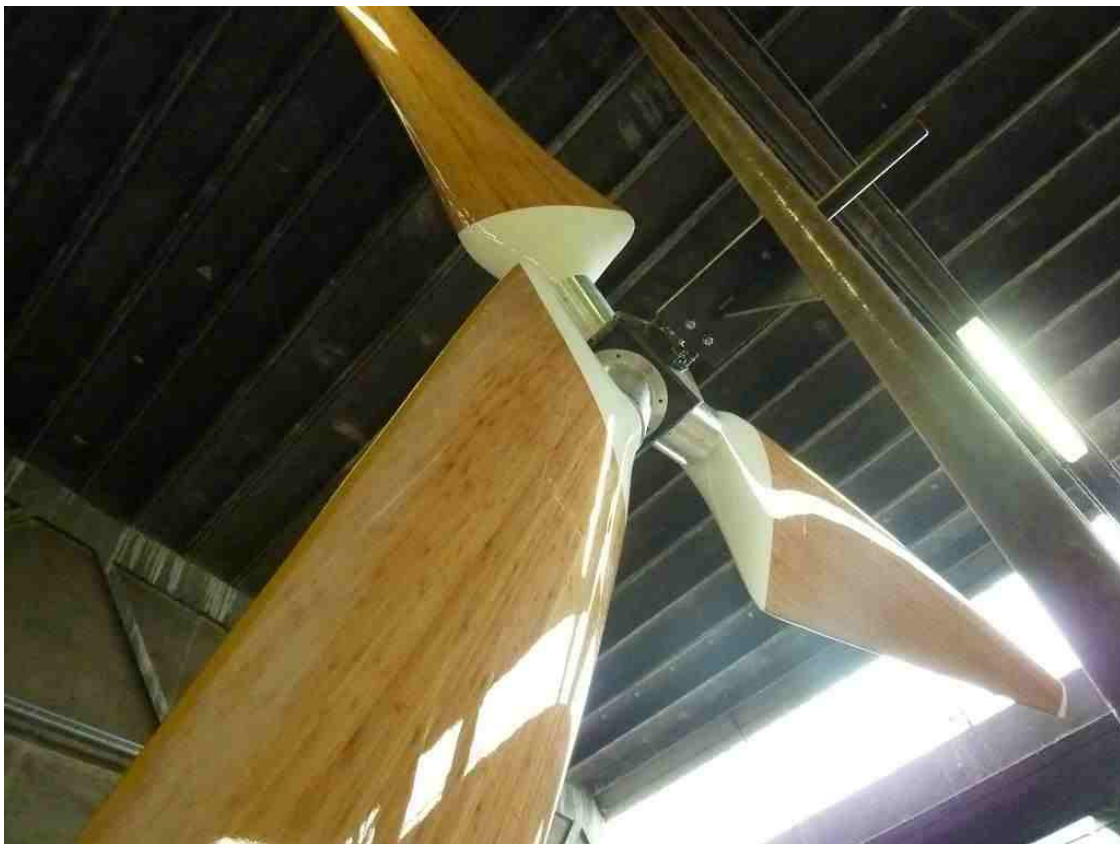


Figura 1: Rotore eolico in materiale biocomposito

Con il termine biocomposito viene indicato un materiale composito nel quale almeno uno dei costituenti principali derivi da risorse rinnovabili la cui peculiarità è quella di poter essere facilmente ripristinate senza provocare un impoverimento delle materie prime e dell'energia disponibili in natura. Esistono delle procedure standardizzate a livello internazionale che permettono di quantificare e valutare i danni ambientali derivanti

dalla realizzazione di un prodotto o dalla fornitura di un servizio. Applicando tale metodo di valutazione ad un materiale composito tradizionale (fibre di vetro in resina epossidica) e ad un materiale biocomposito (fibre di bambù in resina epossidica) è stato possibile confrontare oggettivamente i carichi ambientali derivanti dall'impiego di ciascuno di essi durante tutto il ciclo di vita. Ciò ha consentito di verificare una riduzione dell'impatto ambientale relativo all'utilizzo del materiale biocomposito in particolar modo per quanto riguarda l'emissione di anidride carbonica in atmosfera. Va aggiunto che oltre agli indubbi vantaggi dal punto di vista ecologico, i materiali biocompositi presentano altre favorevoli caratteristiche come la leggerezza in termini di peso e le proprietà meccaniche paragonabili a quelle dei materiali compositi tradizionali che consentono di ipotizzare l'impiego di biocompositi anche in applicazioni strutturali come quello delle pale eoliche. A tale proposito va evidenziato che già esistono disposizioni di legge e certificazioni volte ad incentivare l'impiego di materiali ecocompatibili in diversi ambiti, come quello nautico o del bioarredo. Se consideriamo infatti quello che viene definito come "pay back time" dei più comuni sistemi di produzione di energie alternative (pannelli fotovoltaici e aerogeneratori), ovvero il tempo necessario affinché l'impianto restituisca un quantitativo di energia pari a quello consumato per la sua realizzazione, si può facilmente dedurre il grande vantaggio indotto dall'impiego di un materiale biocomposito.

Infatti sia le fibre sintetiche normalmente utilizzate nella realizzazione delle pale eoliche che i moduli degli attuali pannelli fotovoltaici risultano essere altamente energivori, ovvero richiedono un gravoso dispendio di energia in fase di produzione. Utilizzare un materiale biocomposito il cui rinforzo è costituito da fibre naturali come quelle della pianta di bambù, significa abbattere drasticamente il "pay back time", passando da un ordine di grandezza di alcuni anni, mediante l'impiego di materiali tradizionali, a quello di qualche mese con l'impiego di biocompositi.



Figura 2: Rotore eolico in materiale biocomposito premontato in officina

L'utilizzo del bambù oltre che apportare indubbi ed oggettivi vantaggi sotto il profilo ecologico, consente di ridurre drasticamente l'impatto ambientale di queste turbine anche sotto il profilo della visibilità. Come è noto, infatti, gli impianti eolici determinano un impatto sull'ambiente soprattutto dal punto di vista dell'occupazione del territorio e della variazione al paesaggio. L'ubicazione degli impianti eolici richiede siti particolarmente esposti e pertanto questi impianti risultano generalmente molto visibili. L'impatto visivo costituisce quindi una problematica essenziale ed è aggravato dalle caratteristiche estetiche dei materiali usualmente utilizzati per realizzare tali impianti (metalli e compositi per l'albero e le pale). L'utilizzo del bambù consente di ridurre notevolmente l'impatto visivo permettendo un inserimento più armonioso di questi impianti sul territorio grazie alla possibilità di presentare un aspetto del tutto simile a quello del legno e dei colori

facilmente assimilabili a quelli del paesaggio naturale. Tutto ciò garantendo le necessarie caratteristiche chimico-fisico-meccaniche e la possibilità di utilizzare un materiale biocompatibile.

In sostanza, oltre agli aspetti positivi già riportati per i sistemi micro e minieolici, il nuovo sistema progettato e realizzato dallo Studio Corradi insieme con l'università di Perugia, l'Università di Roma e la Regione dell'Umbria, presenta i seguenti ulteriori vantaggi:

- o un vantaggio di natura etica: il ritorno in termini energetici del sistema proposto è molto più contenuto di tutti i sistemi eolici oggi presenti sul mercato;
- o un vantaggio di natura estetica ed un inserimento più armonioso: il sistema dà l'impressione dei vecchi mulini a vento in legno pur conservando l'alta efficienza delle pale moderne;

## **5. Scelta dell'area interessata all'impianto**

Occorre premettere che calcolare con il massimo grado di attendibilità la quantità di energia eolica potenzialmente sfruttabile in un sito geografico è un'operazione piuttosto complessa strettamente connessa alle caratteristiche anemologiche locali, ovvero alle caratteristiche orografiche del territorio. Pertanto una valutazione precisa del potenziale eolico non può prescindere da una campagna di misurazioni anemologiche condotta sul sito candidato alla installazione dell'impianto eolico durante un arco temporale di almeno 12 mesi. Il monitoraggio puntuale della velocità del vento per un periodo sufficientemente lungo è essenziale, infatti, per individuare il tipo di turbina eolica che meglio si adatti alle caratteristiche anemologiche del sito in modo tale da sfruttare al meglio il potenziale eolico locale massimizzando il rendimento dell'impianto.

Esistono comunque delle mappe anemologiche, contenute nell'atlante eolico del territorio nazionale, che si utilizzano normalmente per studi di fattibilità e calcoli di rendimento finanziario di massima.

La nostra proposta per i Comuni, come meglio si vedrà in seguito, è quella di individuare 3-4 siti, in ognuno dei quali impiantare un mini parco eolico a basso impatto ambientale con torri da 12-18 metri, composto ciascuno da 4-5 turbine.

## **6. Costi e ricavi relativi ad un investimento in un sistema microeolico**

I costi ed i ricavi relativi ad un sistema micro-minieolico stand-alone o in parchi sono notevolmente inferiori al grande eolico, ma come detto rispondono appieno alle esigenze economiche di piccole comunità o comuni.

Per tale motivo, l'investimento viene quasi sempre effettuato dal committente e non da un terzo che paga un canone per l'affitto dei terreni o un'aliquota sulla tariffa incentivante.

L'investimento iniziale per la costruzione dell'impianto minieolico rappresenta la voce di costo più significativa, di cui tenere conto nell'analizzare la redditività dell'iniziativa nel settore eolico. Nel suo complesso, l'investimento può suddividersi nei seguenti raggruppamenti di spesa:

- a) installazione delle macchine eoliche (83-86% dell'investimento totale);
- b) opere accessorie e infrastrutture (10-12% dell'investimento totale);
- c) collegamento alla rete (4%-5% del totale).

Ciò comporta una particolare attenzione alla copertura finanziaria dell'investimento, soprattutto se si ricorre a capitale di terzi; peraltro, l'attuale discesa del costo del denaro rende questo aspetto meno rilevante rispetto al passato.

La fornitura delle macchine rappresenta la spesa più rilevante in assoluto, mentre la realizzazione delle opere accessorie e delle infrastrutture raggruppa le voci di costo strettamente collegate alla complessità del sito, in relazione alla morfologia e natura del suolo, all'accessibilità e alla connessione alla rete.

Ad oggi, il costo specifico di realizzazione di un impianto minieolico “chiavi in mano” si colloca nell'intervallo tra 3.000 e 3.400 € per Chilowatt installato, con valore medio di circa 3.200 €/kw.

Il costo della singola turbina eolica installata, inclusivo di acquisto, trasporto, montaggio, ed avviamento è direttamente proporzionale alla potenza del rotore e all'altezza della torre piuttosto che alla semplice potenza nominale.

Si prenda ad esempio una pala da 6 Kw di potenza nominale a 9 m/s con palo da 12 m e rotore da 6 m.

Nelle valutazioni economiche, si tiene solitamente conto dei costi relativi all'esercizio e manutenzione degli impianti nei due seguenti modi:

- sotto forma di valore annuo complessivo, espresso in percentuale dell'investimento nelle macchine eoliche;
- direttamente come stima di costo per unità di energia prodotta (€/kWh).

Nella tabella 1 si riporta l'andamento dei costi e dei ricavi che si ottengono nel caso di una singola macchina eolica.



PALA EOLICA DA 6 KW (pot. nom.) a 9 m/s																																																																																																																																																																																																						
VALUTAZIONE ECONOMICA																																																																																																																																																																																																						
				COSTI		INVESTIMENTO																																																																																																																																																																																																
				%		€																																																																																																																																																																																																
velocità media sito (m/s)	6	7		costo impianto (iva esclusa)	€ 22.000,00	% investimento	50	€ 13.200,00																																																																																																																																																																																														
Energia elettrica annua prodotta (Kwh)	14892	23652		iva (10%)	€ 2.200,00	mutuo bancario	50	€ 13.200,00																																																																																																																																																																																														
Incentivo del kWh	€ 0,30	€ 0,30		opere accessorie ed infrastrutture (10%)	€ 2.200,00	durata mutuo	10 anni																																																																																																																																																																																															
Ricavo annuo	€ 4.467,60	€ 7.095,60		<b>COSTO IMPIANTO</b>	<b>€ 26.400,00</b>	tasso di interesse %	6																																																																																																																																																																																															
numero pale	1			costo annuale di esercizio e manutenzione	€ 300,00	rata annuale mutuo	-€ 1.793,46																																																																																																																																																																																															
						costo totale mutuo	-€ 17.934,57																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ANNO</th> <th colspan="3">COSTI</th> <th colspan="3">VELOCITA' MEDIA 6 m/s</th> <th colspan="3">VELOCITA' MEDIA 7 m/s</th> </tr> <tr> <th>invest.</th> <th>mutuo</th> <th>manut.</th> <th>RICAVI</th> <th>FLUSSO CASSA</th> <th>FLUSSO CASS TOT.</th> <th>RICAVI</th> <th>FLUSSO CASSA</th> <th>FLUSSO CASS TOT.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>€ 13.200,00</td><td>0</td><td>0</td><td>€ 0,00</td><td>-€ 13.200,00</td><td>-€ 13.200,00</td><td>€ 0,00</td><td>-€ 13.200,00</td><td>-€ 13.200,00</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>€ 1.793,46</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 2.374,14</td><td>-€ 10.825,86</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 5.002,14</td><td>-€ 8.197,86</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>€ 1.793,46</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 2.374,14</td><td>-€ 8.451,71</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 5.002,14</td><td>-€ 3.195,71</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>€ 1.793,46</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 2.374,14</td><td>-€ 6.077,57</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 5.002,14</td><td>€ 1.806,43</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>€ 1.793,46</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 2.374,14</td><td>-€ 3.703,43</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 5.002,14</td><td>€ 6.808,57</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>€ 1.793,46</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 2.374,14</td><td>-€ 1.329,29</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 5.002,14</td><td>€ 11.810,71</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>€ 1.793,46</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 2.374,14</td><td>€ 1.044,86</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 5.002,14</td><td>€ 16.812,86</td></tr> <tr><td>7</td><td>0</td><td>€ 1.793,46</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 2.374,14</td><td>€ 3.419,00</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 5.002,14</td><td>€ 21.815,00</td></tr> <tr><td>8</td><td>0</td><td>€ 1.793,46</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 2.374,14</td><td>€ 5.793,14</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 5.002,14</td><td>€ 26.817,14</td></tr> <tr><td>9</td><td>0</td><td>€ 1.793,46</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 2.374,14</td><td>€ 8.167,29</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 5.002,14</td><td>€ 31.819,29</td></tr> <tr><td>10</td><td>0</td><td>€ 1.793,46</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 2.374,14</td><td>€ 10.541,43</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 5.002,14</td><td>€ 36.821,43</td></tr> <tr><td>11</td><td>0</td><td>0</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 4.167,60</td><td>€ 14.709,03</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 6.795,60</td><td>€ 43.617,03</td></tr> <tr><td>12</td><td>0</td><td>0</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 4.167,60</td><td>€ 18.876,63</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 6.795,60</td><td>€ 50.412,63</td></tr> <tr><td>13</td><td>0</td><td>0</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 4.167,60</td><td>€ 23.044,23</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 6.795,60</td><td>€ 57.208,23</td></tr> <tr><td>14</td><td>0</td><td>0</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 4.167,60</td><td>€ 27.211,83</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 6.795,60</td><td>€ 64.003,83</td></tr> <tr><td>15</td><td>0</td><td>0</td><td>€ 300,00</td><td>€ 4.467,60</td><td>€ 4.167,60</td><td>€ 31.379,43</td><td>€ 7.095,60</td><td>€ 6.795,60</td><td>€ 70.799,43</td></tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2"><b>RECUPERO INVEST. ANNI</b></td> <td><b>5</b></td> <td colspan="2"><b>RECUPERO INVEST. ANNI</b></td> <td><b>2</b></td> </tr> </tbody> </table>										ANNO	COSTI			VELOCITA' MEDIA 6 m/s			VELOCITA' MEDIA 7 m/s			invest.	mutuo	manut.	RICAVI	FLUSSO CASSA	FLUSSO CASS TOT.	RICAVI	FLUSSO CASSA	FLUSSO CASS TOT.	0	€ 13.200,00	0	0	€ 0,00	-€ 13.200,00	-€ 13.200,00	€ 0,00	-€ 13.200,00	-€ 13.200,00	1	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	-€ 10.825,86	€ 7.095,60	€ 5.002,14	-€ 8.197,86	2	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	-€ 8.451,71	€ 7.095,60	€ 5.002,14	-€ 3.195,71	3	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	-€ 6.077,57	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 1.806,43	4	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	-€ 3.703,43	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 6.808,57	5	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	-€ 1.329,29	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 11.810,71	6	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	€ 1.044,86	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 16.812,86	7	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	€ 3.419,00	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 21.815,00	8	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	€ 5.793,14	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 26.817,14	9	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	€ 8.167,29	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 31.819,29	10	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	€ 10.541,43	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 36.821,43	11	0	0	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 4.167,60	€ 14.709,03	€ 7.095,60	€ 6.795,60	€ 43.617,03	12	0	0	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 4.167,60	€ 18.876,63	€ 7.095,60	€ 6.795,60	€ 50.412,63	13	0	0	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 4.167,60	€ 23.044,23	€ 7.095,60	€ 6.795,60	€ 57.208,23	14	0	0	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 4.167,60	€ 27.211,83	€ 7.095,60	€ 6.795,60	€ 64.003,83	15	0	0	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 4.167,60	€ 31.379,43	€ 7.095,60	€ 6.795,60	€ 70.799,43					<b>RECUPERO INVEST. ANNI</b>		<b>5</b>	<b>RECUPERO INVEST. ANNI</b>		<b>2</b>
ANNO	COSTI			VELOCITA' MEDIA 6 m/s			VELOCITA' MEDIA 7 m/s																																																																																																																																																																																															
	invest.	mutuo	manut.	RICAVI	FLUSSO CASSA	FLUSSO CASS TOT.	RICAVI	FLUSSO CASSA	FLUSSO CASS TOT.																																																																																																																																																																																													
0	€ 13.200,00	0	0	€ 0,00	-€ 13.200,00	-€ 13.200,00	€ 0,00	-€ 13.200,00	-€ 13.200,00																																																																																																																																																																																													
1	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	-€ 10.825,86	€ 7.095,60	€ 5.002,14	-€ 8.197,86																																																																																																																																																																																													
2	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	-€ 8.451,71	€ 7.095,60	€ 5.002,14	-€ 3.195,71																																																																																																																																																																																													
3	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	-€ 6.077,57	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 1.806,43																																																																																																																																																																																													
4	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	-€ 3.703,43	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 6.808,57																																																																																																																																																																																													
5	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	-€ 1.329,29	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 11.810,71																																																																																																																																																																																													
6	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	€ 1.044,86	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 16.812,86																																																																																																																																																																																													
7	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	€ 3.419,00	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 21.815,00																																																																																																																																																																																													
8	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	€ 5.793,14	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 26.817,14																																																																																																																																																																																													
9	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	€ 8.167,29	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 31.819,29																																																																																																																																																																																													
10	0	€ 1.793,46	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 2.374,14	€ 10.541,43	€ 7.095,60	€ 5.002,14	€ 36.821,43																																																																																																																																																																																													
11	0	0	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 4.167,60	€ 14.709,03	€ 7.095,60	€ 6.795,60	€ 43.617,03																																																																																																																																																																																													
12	0	0	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 4.167,60	€ 18.876,63	€ 7.095,60	€ 6.795,60	€ 50.412,63																																																																																																																																																																																													
13	0	0	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 4.167,60	€ 23.044,23	€ 7.095,60	€ 6.795,60	€ 57.208,23																																																																																																																																																																																													
14	0	0	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 4.167,60	€ 27.211,83	€ 7.095,60	€ 6.795,60	€ 64.003,83																																																																																																																																																																																													
15	0	0	€ 300,00	€ 4.467,60	€ 4.167,60	€ 31.379,43	€ 7.095,60	€ 6.795,60	€ 70.799,43																																																																																																																																																																																													
				<b>RECUPERO INVEST. ANNI</b>		<b>5</b>	<b>RECUPERO INVEST. ANNI</b>		<b>2</b>																																																																																																																																																																																													

Tab. 1: Analisi dei costi e dei ricavi – nonché dei flussi finanziari - per una singola pala nel caso di due tipologie di vento medio

Per ogni singola pala, una stima conservativa con una velocità media di vento di 6 m/s indica una produzione annua di 14.892 Kwh e ricavi di 4.467 € (vedi tabella 1).

Al termine della vita utile, normalmente prevista in 20 anni, l'impianto deve essere smantellato, anche se questa fase non presuppone automaticamente l'abbandono dell'area interessata.

Al contrario, è ragionevole pensare che un sito, con buone risorse eoliche e, soprattutto, con dati di ventosità consolidati dal lungo esercizio dell'impianto stesso, possa continuare ad essere utilizzato sostituendo le macchine installate con aerogeneratori tecnologicamente più avanzati.

## **7. I flussi economico-finanziari**

Sulla base dei dati di redditività ipotizzati, è possibile definire i flussi finanziari relativi all'iniziativa per la durata della vita utile dell'impianto e i relativi indicatori sintetici del valore prodotto dal progetto.

In questo caso, è stato necessario formulare alcune ipotesi iniziali in merito al costo del capitale di debito e al tipo di finanziamento.

Come risulta dalla tabella 1, per il finanziamento dell'opera, si è ipotizzato il ricorso all'indebitamento per un importo pari alla metà dell'investimento totale, per una durata di 10 anni. La rimanente componente è data dal capitale proprio, versato dal soggetto titolare della concessione.

Nelle ipotesi più conservativa sulla stima di vento e sulla base dei costi di investimento, dei costi di gestione e dei ricavi gestionali ipotizzati, gli indicatori di sintesi del progetto – per una singola pala da 6 metri di diametro e potenza nominale di 6 Kw a 9 m/s - sono:

- un flusso di cassa positivo ogni anno di 2300 €;
- un tasso di rendimento interno del 18%;
- un periodo di pareggio del progetto (PPA) di 5 anni;

Moltiplicando il valore del flusso di cassa per 10 pale si ottiene, come detto in precedenza, l'annullamento della bolletta elettrica di un piccolo comune (pari a 23.000 €/anno).

Se tale esercizio contabile si applica ad una pala eolica sempre di tipo micro, ma da 15 Kw di potenza nominale, ci si rende conto

Sulla base di tali valori, e delle ipotesi assunte nel presente studio, si sottolinea la perfetta sostenibilità economico-finanziaria del progetto, in grado di garantire un elevato livello di remunerazione per i committenti.

## **8. Manutenzione**

Una buona manutenzione è fondamentale per ottenere i rendimenti di progetto. Per tale motivo è stato sviluppato e implementato un sistema di ribaltamento della torre - semplice, automatico ed efficace - che permettesse una facile manutenzione tanto della navicella che del rotore.



Figura 3: sistema automatico di ribaltamento della torre

## 9. Dati tecnici

Potenza di progetto:	6 kW @ velocità del vento di 9.5 m/s
Max Potenza:	8 KW @ or > 12m/s wind speed
Velocità del vento di avvio:	2.5 m/s
Velocità massima del vento:	30 m/s
Diametro del rotore:	6 m / 28.2 m <sup>2</sup>
Pale:	3 pale in composito rinforzato con fibre naturali
Altezza della torre:	13 m
Velocità di rotazione:	40-260 rpm
Controllo velocità di rotazione:	Var.ne angolo di "pitch" con sistema passivo e rot. della pinna
Freno di emerg.za e stazionam:	Warner Electric ERS VAR99
Velocità max apice della pala:	88 m/s
Alternatore:	Trifase a magneti permanenti privo di moltiplicatore
Peso della navicella:	350 kg
Spinta assiale sul rotore:	3960 Newton @ 15 m/s
Manutenzione:	ogni 2 anni
Garanzia:	2 anni



Figura 4: generatore e mozzo di attacco delle pale