

SEMINARIO TECNICO

IL MINIEOLICO QUALE OPPORTUNITA' PER IL COMPARTO AGRICOLO

Potenza, venerdì 7 giugno 2013 ore 16.30

Università degli Studi della Basilicata

Via dell'Ateneo (Campus Macchia Romana) – Potenza

Segreteria Organizzativa:

ORDINE DOTTORI AGRONOMI E DEI DOTTORI FORESTALI DELLA PROVINCIA DI POTENZA

e-mail: info@agronomiforestalipotenza.it - tel. 0971/24047 - fax 0971/308040

con la collaborazione del



*Collegio dei Periti Agrari e
dei Periti Agrari Laureati di Potenza*



Collegio Interprovinciale degli Agrotecnici e
degli Agrotecnici Laureati di Potenza e Matera

Relatore:

Dott. Ing. Pasquale NICASTRO

Uffici: Via G. Verne, n. 31/bis 75100 - Matera
tel./fax +39 0835 331248 / 385704

mobile: +39 393 9078954

e-mail: pasquale.nicastro@gbenergy.it

skype: [pasquale.nicastro74](https://www.skype.com/people/pasquale.nicastro74)



*Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali
della Provincia di Potenza*

Sommario

- ▶ INTRODUZIONE
- ▶ ASPETTI TECNICI DEL MINIEOLICO
- ▶ FASI PER LA PROGETTAZIONE, AUTORIZZAZIONE E REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO MINIEOLICO
- ▶ ASPETTI ECONOMICI DEL MINIEOLICO
- ▶ DIBATTITO

► INTRODUZIONE:

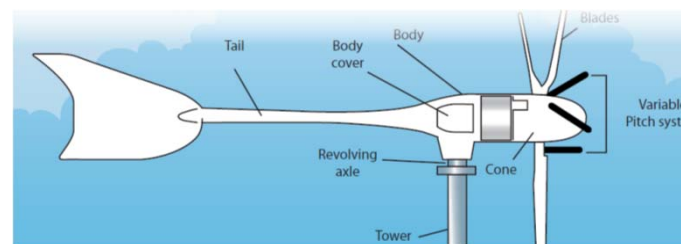
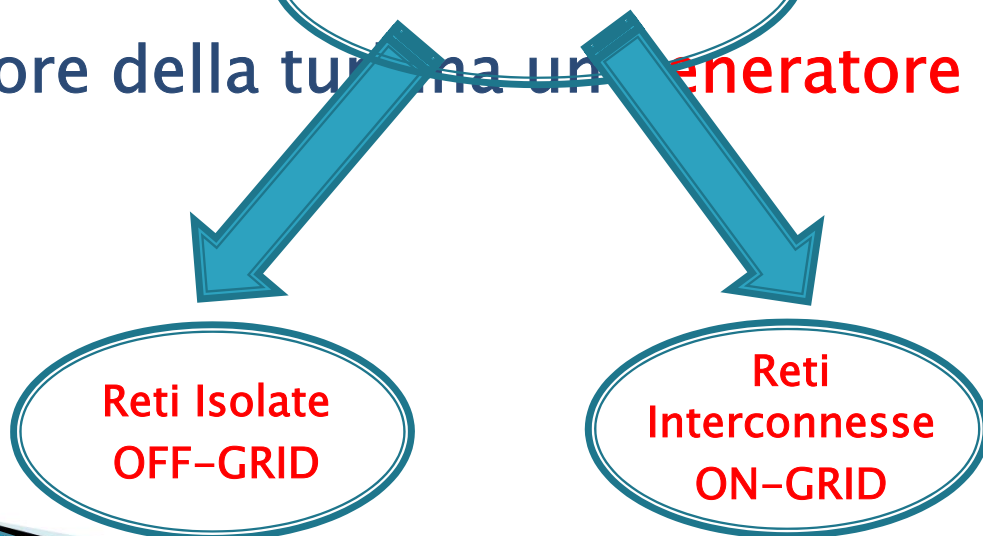
PERCHE' UN SEMINARIO TECNICO DAL TITOLO:

***“IL MINIEOLICO QUALE OPPORTUNITA' DI
SVILUPPO PER IL COMPARTO AGRICOLO” ?***

ASPETTI TECNICI DEL MINIEOLICO: SOMMARIO

- ▶ Classificazioni
- ▶ Definizioni
- ▶ Aspetti tecnologici fondamentali e Criteri di base per la valutazione e scelta delle Turbine Minieoliche
- ▶ Applicazioni

Turbina eolica = Una **macchina** che trasforma **l'energia cinetica** (energia di tipo meccanico) **del vento** in **lavoro meccanico**. Tale lavoro meccanico può essere poi convertito in **lavoro elettrico** accoppiando all'albero del rotore della turbina un **generatore elettrico**.



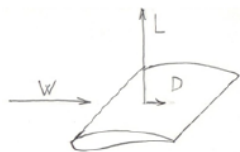
Classificazione Generale in base al Principio Fisico che aziona il Rotore

Principio di Portanza Aerodinamica

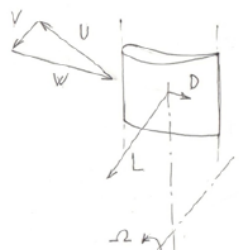
Principio di Resistenza Aerodinamica

Turbine utilizzate per la produzione di energia elettrica

PORTANZA



$$L = \frac{1}{2} \rho S C_L W^2$$



$$W = \sqrt{V + U} = V \sqrt{1 + \lambda^2}$$

$$1 < \lambda < 15$$

es: NACA 4415

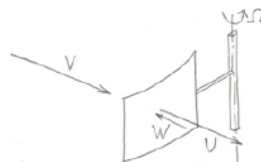
$$C_D \approx 0,005$$

$$C_{L,max} \approx 1,4$$

TRASCINAMENTO



$$D = \frac{1}{2} \rho S C_D W^2$$



$$W = V - U = V(1 - \lambda)$$

$$\lambda = \frac{\Omega r}{V} < 1$$

es: lastra (piana o a debole curvatura, 10%)

$$C_{D,max} \approx 1,20 - 2$$

$$C_{L,max} \approx 1,2$$



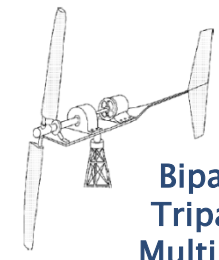
Seminario Tecnico:

Il Minieolico quale Opportunità per il Comparto Agricolo

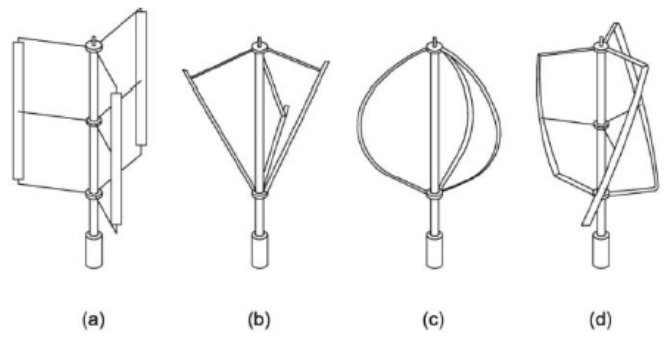
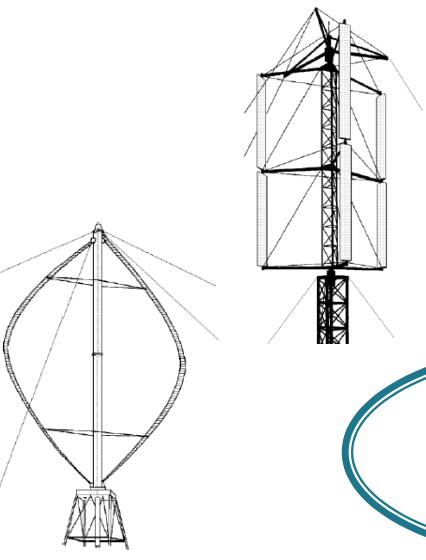
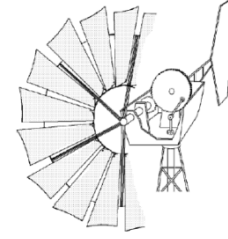
**Principio di
 Portanza Aerodinamica**

**Turbine ad
 Asse Verticale
 VAWT**

**Turbine ad
 Asse Orizzontale
 HAWT**

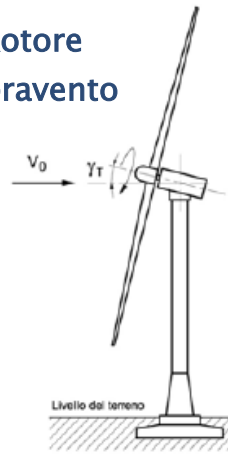


**Bipala,
 Tripala,
 Multipala**

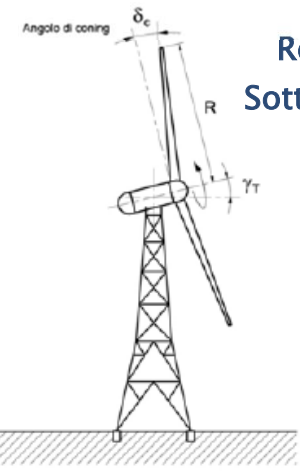


**(a), (b) e (c) Turbine Darrieus - (d)
 Turbina Gorlov**

**Rotore
 Sopravento**



**Rotore
 Sottovento**



Asse Orizzontale (HAWT) VS Asse Verticale (VAWT)



Vantaggi

- ▶ Tecnologia ormai ben collaudata dall'esperienza
- ▶ Maggiori valori di energia disponibile a parità di ingombro frontale
- ▶ Possibilità di elevate efficienze, ovvero maggiore capacità produttiva e rendimento
- ▶ Nessun problema di avviamento
- ▶ Possibilità del controllo di potenza con il passo variabile

Svantaggi

- ▶ Necessità di orientare la macchina
- ▶ Problemi di trasmissione dell'energia elettrica al suolo

Vantaggi

- ▶ Nessun problema di orientamento
- ▶ Struttura autoportante
- ▶ Maggiore studio e sviluppo sul design

Svantaggi

- ▶ "Gioventù" di tale architettura tecnologica nella sua versione "moderna": con rotori installati su torri e tralicci.
- ▶ Scarsa esperienza progettuale (presenza di numerose macchine in fase di sviluppo e non ancora presenti sul mercato)
- ▶ Maggiore complessità nella progettazione
- ▶ Turbina non autoavviante ed impossibilità del controllo del passo variabile
- ▶ **Minore capacità produttiva rispetto alle Turbine HAWT**



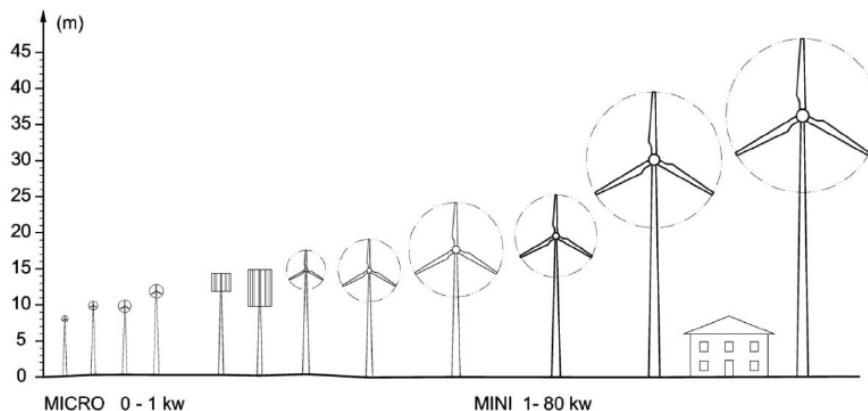
Turbine Minieoliche ad **Asse Orizzontale (HAWT)**

La stragrande maggioranza delle turbine minieoliche presenti in commercio sono ad asse orizzontale con rotore sopravento rispetto alla torre ed alla navicella.

...Ma cosa intendiamo per turbina micro-minieolica oppure di piccola taglia?


CLASSIFICAZIONE

Con il termine turbine di piccola taglia si intende una classe piuttosto eterogenea di macchine eoliche, con potenze comprese da poche decine di Watt a decine di kW e dimensioni molto diverse.



Non esiste una classificazione generale universalmente riconosciuta delle turbine di piccola taglia.

Tuttavia, ai fini delle implicazioni a livello progettuale, è utile riferirsi ai limiti di taglia per le piccole turbine individuati dalle norme di riferimento dell'**International Electrotechnical Commission (IEC 61400-2 - Design Requirement for Small Wind Turbines)**, recepite anche sul territorio nazionale come **CEI-CENELEC**, secondo cui si individuano due classi sulla base della **Superficie Spazzata A** dalle pale:

 $A \leq 2 \text{ m}^2$

 $2 \text{ m}^2 < A \leq 200 \text{ m}^2$

con $A = \pi D^2 / 4$

D = Diametro del Rotore

CLASSE	Definizione informale	Area spazzata [m ²]	Diametro equivalente (HAWT) [m]	Potenza nominale [kW]
Microturbine	Turbine domestiche (Home WT)	$A \leq 2$	1,6	0,5
Miniturbine	Turbine per usi residenziali, rurali e artigianali (Community WT)	$2 < A \leq 200$	$1,6 < D < 16$	$0,5 < P < 100$
Medie/Grandi turbine	Turbine di media e grande potenza e parchi eolici (Wind Parks)	$A > 200$	$D > 16$	$P > 100$

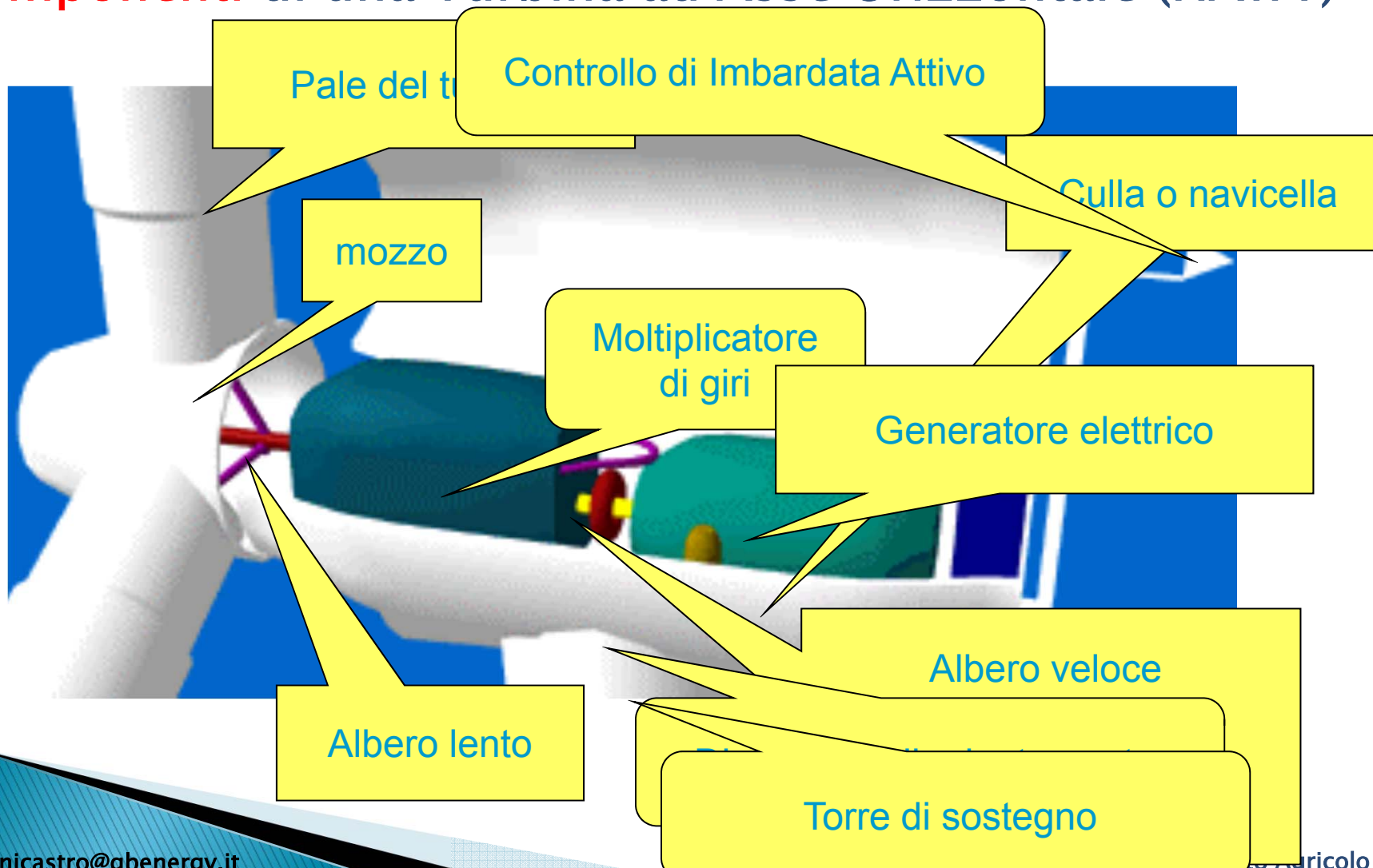
Tabella 1 - Criteri di classificazione delle miniturbine eoliche in accordo alle norme IEC 61400/2

Il limite di **2 m²** riguarda le **microturbine** (potenze inferiori a **0.8-1.0 kW**) e **diametro equivalente pari a 1,6 m circa**, per le quali va effettuato il progetto e la verifica strutturale del **solo rotore** ad esclusione della torre di sostegno.

Il limite di **200 m²** riguarda le **miniturbine** (potenze inferiori a **80-100 kW**) e **diametro equivalente pari a 16 m circa**, per le quali va effettuato il progetto e la verifica strutturale **non solo del rotore ma anche della torre di sostegno** (per quest'ultima, utilizzando regole semplificate).

Oltre **200 m²** si parla di **medie-grandi turbine** (potenze superiori a **100 kW**) e **diametro equivalente superiore a 16 m circa**, per le quali oltre ai progetti e verifiche precedenti è richiesto anche l'uso di **codici aeroelastici**, metodi propri delle turbine di grande taglia.

Componenti di una Turbina ad Asse Orizzontale (HAWT)



Definizioni Fondamentali - Esempi di Schede Tecniche di alcuni aerogeneratori presenti in commercio



POTENZA	3.5 Kw @ 250 rpm
DIAMETRO DEL ROTORE	4.05 m (13.4 ft)
VELOCITA' DI AVVIAMENTO	3 m/s (6.7 mph)
VELOCITA' NOMINALE	12 m/s (26.8 mph)
PESO	185 kg (407 lb)
LUNGHEZZA TOTALE	3.2 m (10.5 ft)
PRODUZIONE ANNUALE STIMATA	5550-11300 Kwh at 5-7 m/s (11.2-15.7 mph)
CO2 EVITATE	3610-7350 kg (8000-16200 lb)
TIPO	ROTORE ORIZZONTALE SOPRAVENTO
GENERATORE	SINCRONO, A MAGNETI PERMANENTI, TRIFASE, 24-48-110-220 V A 50/60 HZ
COMANDO DI IMBARDATA	COMANDO DI IMBARDATA
CONTROLLO DELLA POTENZA	SISTEMA PASSIVO CENTRIFUGO A PASSO VARIABILE CON AMMORTIZZATORE (DESIGN BREVETTATO)
TRASMISSIONE	DIRETTA
FRENO	ELETTRICO
CONTROLLER	OPZIONE DI CONNESSIONE IN RETE O ISOLATA DALLA RETE
PALE	RESINA IN POLIESTERE RINFORZATA CON FIBRA DI VETRO
INVERTER	EFFICIENZA ≈ 95% ; ALGORITMO MPPT
RUMORE	37 db(A) a 60 m CON UNA VELOCITÀ DEL VENTO DI 8 m/s (STANDARD BWEA)
PROTEZIONE ANTICORROSIONE	PRODOTTO SIGILLATO + ZINCATURA A CALDO + VERNICE RESISTENTE AI RAGGI UV
TORRE	12, 15 E 18 m. SISTEMA IDRAULICO A RIBALTAMENTO
DESIGN	SECONDO LA NORMA IEC61400-2

DATI GENERALI

velocità vento cut-in	3 m/sec.
velocità vento nominale	11 m/sec.
velocità vento cut-out	25 m/sec.
vento estremo	$V_{60} = 52,5$ m/sec.
potenza nominale	55kW
tensione di rete	400V $\pm 10\%$ 3 fasi 50Hz

ROTORE

numero di pale	2
diametro	18 m
velocità di rotazione	variabile 60 - 95 rpm
regolazione della potenza	passiva : variazione dell'angolo delle pale attiva : inverter

TRASMISSIONE

tipo	2 stadi - ad assi paralleli
rapporto	1:20
potenza nominale	125 kW

GENERATORE PRINCIPALE

tipo	asincrono - 4 poli
potenza nominale	55 kW
tensione nominale	400 V
frequenza	variabile: 40 - 70 Hz

CONVERTITORE

tipologia di convertitore	combinato: inverter + convertitore asincrono rotante (*)
principio di conversione	AC-DC-AC-rotante
generatore connesso in rete	asincrono - 4 poli
potenza nominale	55 kW
tensione nominale	400 V
frequenza	50 Hz

TORRE

tipo	tubolare cilindrica
numero di sezioni	2 o 3
altezza al mozzo	25m, 28m, 31m
materiale	acciaio zincato a caldo
sistema di ascensione	scala interna alla torre
sicurezza anticaduta	cavo inox dia 8mm

SISTEMA DI CONTROLLO

tipo di controllo	n.2 PLC
diagnostica remota	SI
potenza installata per servizi	0,82kW (compresi motore di orientamento e ventilazioni)

SISTEMA DI ORIENTAMENTO

tipo	attivo
motore di orientamento	n.1 motoriduttore 400V 3ph - 0,37kW
cuscinetto di rotazione	cuscinetto a sfere $\Phi 44$ mm con cremagliera esterna
velocità di rotazione	1,2°/sec

SICUREZZA

1° sistema di sicurezza

attivazione	
2° sistema di sicurezza	
attivazione	

bloccaggio rotore

attivazione	
-------------	--

PESI

rotore	900 kg
navicella incluso rotore	2.900 kg
torre senza navicella	5.700 kg, 6.500 kg, 7.500 kg

CERTIFICAZIONI

CE	
EN61400-1	Certificato n. 001CU/0 da ICIM SpA

(*) brevetto depositato

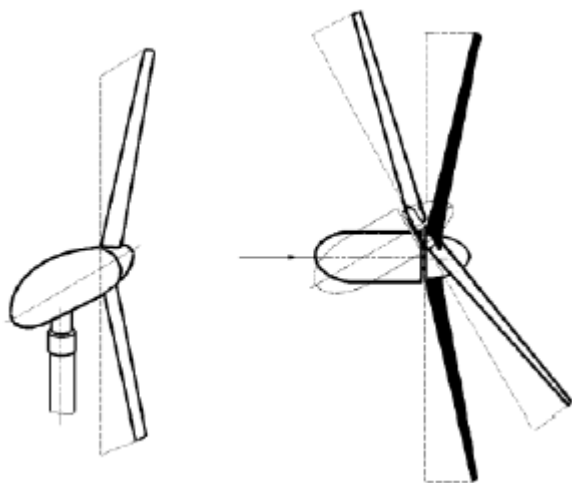
variazione dell'angolo di pala (passivo)
 velocità di rotazione (95rpm)
 orientamento fuori dal vento
 velocità di rotazione (120rpm)
 vibrazioni eccessive
 guasto anemometro o sensore direzione vento
 errore PLC
 guasto rete elettrica
 errore inverter
 guasto sistema di orientamento
 sul lato alta velocità
 per uso manutenzione manuale



Aspetti tecnologici fondamentali e Criteri di base per la Valutazione e Scelta delle Turbine Minieoliche

Meccanismi di Orientazione al Vento (Imbardata- Yaw Control)

Turbine ad asse orizzontale **sottovento (downwind)**



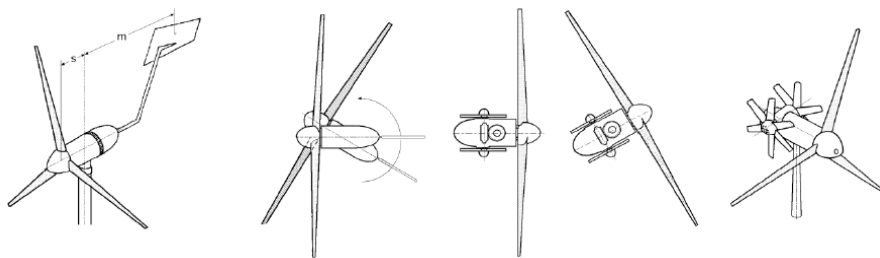
Grazie alla loro **struttura intrinseca** ed ad una **certa conicità del rotore** si **auto-orientano passivamente** ai cambi di direzione del vento

Turbine ad asse orizzontale **sopravento (upwind)**

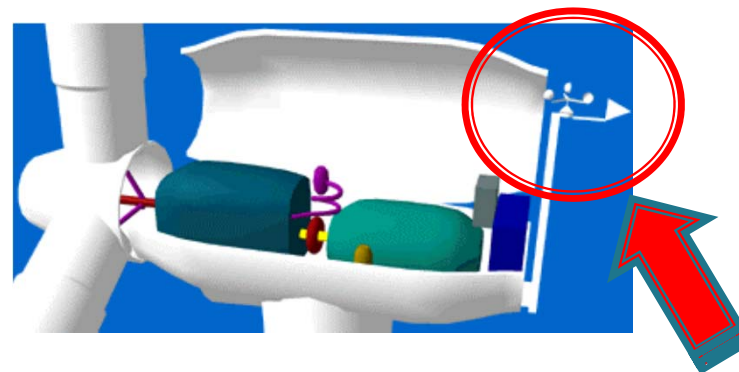
Necessitano di **sistemi di allineamento del rotore** alla direzione del vento.



Sistemi **PASSIVI** (Timone di Coda)



Sistemi **ATTIVI** (Anemometro con Banderuola)



Meccanismi di Controllo e Regolazione della Potenza

Al fine di limitare le **sollecitazioni dinamiche sulle pale e sull'intera struttura** oltre che **salvaguardare il generatore**, al crescere dell'intensità del vento è necessario dotare le turbine eoliche di **sistemi (attivi o passivi) di controllo della velocità di rotazione del rotore e di conseguenza della potenza erogata dal generatore**.

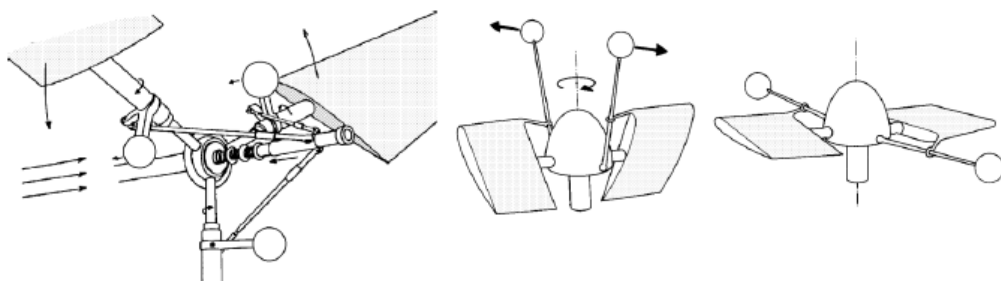
Nel campo delle piccole turbine, per **ridurre i costi** e per **aumentare l'affidabilità**, si opera soprattutto attraverso sistemi di controllo **passivo**.

Al fine di limitare la potenza si può agire su:

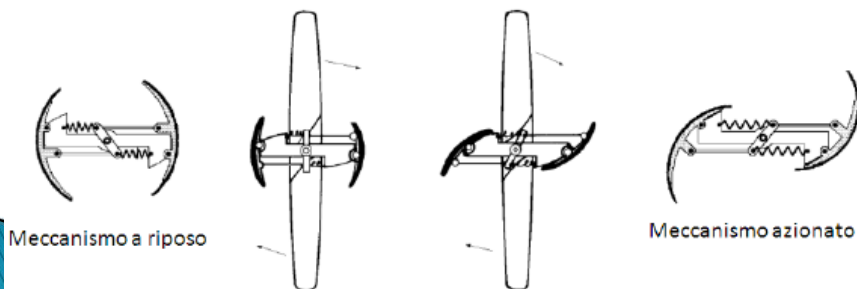
- ▶ **Variazione del calettamento delle pale (Sistemi a Passo Variabile)**
- ▶ **Stallo progressivo delle pale**
- ▶ **Imbardata o Inclinazione del rotore**

► Sistemi Passivi – Variazione del calettamento delle pale (Sistemi a Passo Variabile)

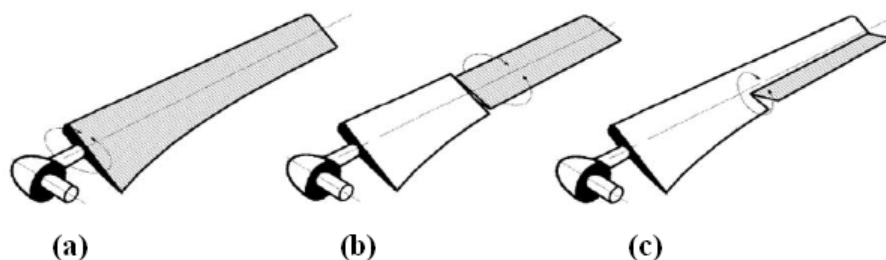
Per variare il calettamento delle pale si può sfruttare la **forza centrifuga** agente su masse eccentriche contrastate da molle tarate.



Oppure si utilizzano meccanismi di rotazione delle pale per mezzo di **molle elastiche**.



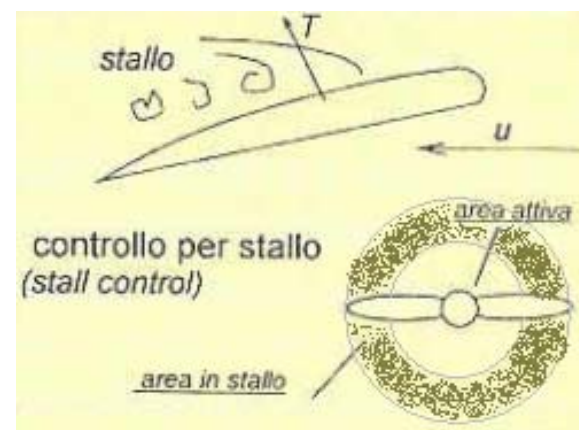
Infine, assegnando opportunamente la **posizione del centro di spinta** dei profili alari che costituiscono le pale, è possibile imporre una variazione del calettamento delle pale per puro effetto aerodinamico. Tale tecnica si può applicare su tutta la pala (a), su una porzione (b) o solo su di un flap (c).



► Sistemi Passivi - Stallo progressivo delle pale

Quando si raggiunge **l'angolo di stallo**, le prestazioni del profilo crollano.

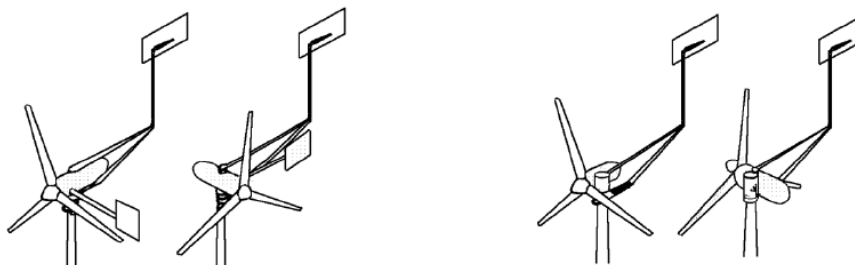
Le pale sono progettate in maniera tale che, al crescere della velocità del vento, una percentuale sempre maggiore di essa (a partire dalla punta) vada in stallo, rendendola inefficiente.



► Sistemi Passivi – Imbardata o Inclinazione del rotore

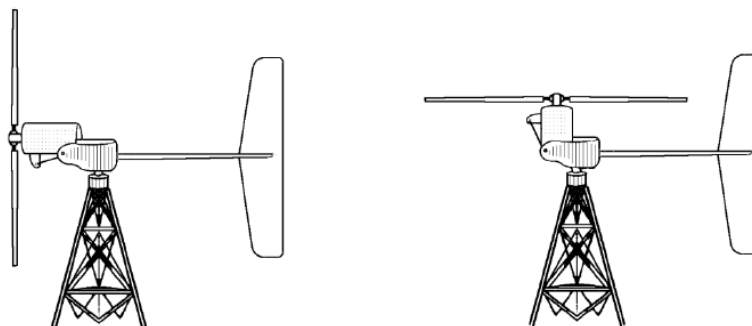
Imbardata Orizzontale Laterale Passiva o Furling

Sono sistemi che effettuano la **rotazione dell'intero rotore rispetto all'asse orizzontale** sia per effetto di superfici ausiliarie che per effetto di masse eccentriche.



Imbardata Verticale o Tilting

Sono sistemi che effettuano l'imbardata verticale (tilting) con cappottamento dell'intero rotore.





Certificazioni

È fondamentale scegliere Turbine Certificate secondo
lo **STANDARD IEC 61400-2 (Design Requirement for
Small Wind Turbines)** per la :

**'CURVA DI POTENZA ISTANTANEA -
RUMOROSITA' - AFFIDABILITA'**

da Organismi Indipendenti Internazionali quali ad esempio:

- **SEPEN** (Francia)
- **CIEMAT - Intertek** (Spagna e UK)
- **RISØ DTU** (Danimarca)



BWEA small wind turbine
standard, 2008

Certified by
NQA

Reference
Annual
Energy **37300** kWh

Annual average wind speed of 5 m/s (11mph). Your performance may vary

FRANCE
SEPEN
According to IEC 61400-2
standards

SPAIN
Ciemat
Intertek
According to IEC 61400-2
standards

USA
Ciemat
Intertek
AWEA 9.1

UK
Ciemat
Intertek

DENMARK
Risø DTU
National laboratory for sustainable energy
According to MD - 651 of 28
june 2008.



La norma IEC 61400-2 prevede una classificazione del sito in funzione delle velocità medie annue e del livello di turbolenza.

In riferimento alla tabella sottostante si deduce che per quanto riguarda il minieolico **le classi di riferimento per l'Italia sono la III e la IV (velocità media di sito di 7,5 e 6 m/s rispettivamente).**

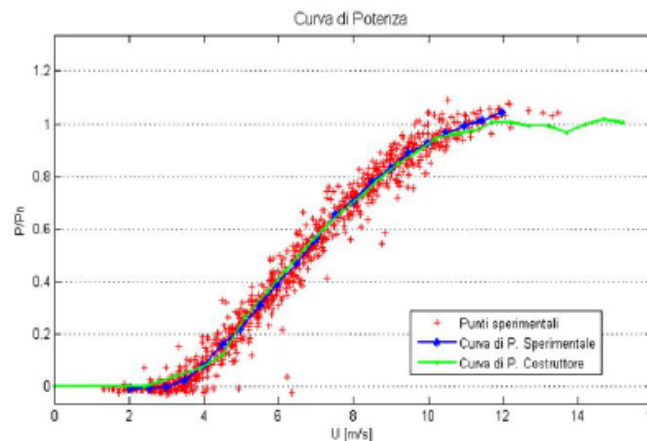
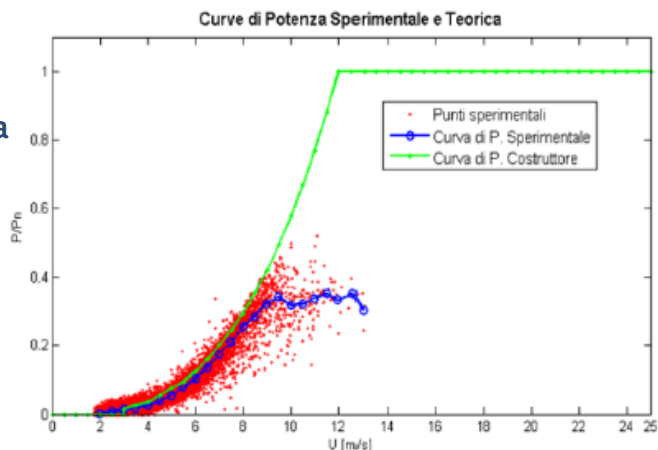
Pertanto il costruttore deve garantire che, per la classe di vento per cui la macchina è stata progettata (III e IV in Italia), essa operi correttamente in tutte le condizioni ambientali e funzionali.

Table 1: Basic parameters for SWT classes

SWT Class		I	II	III	IV	S
V_{ref}	(m/s)	50	42,5	37,5	30	Values to be specified by the designer
V_{ave}	(m/s)	10	8,5	7,5	6	
I_{15}	(-)	0,18	0,18	0,18	0,18	
a	(-)	2	2	2	2	

Di tutte le certificazioni, quella in assoluto più importante è la **Certificazione della Curva di Potenza Istantanea**, perché essa è uno dei fattori determinanti per la **veridicità ed affidabilità** della stima della **producibilità della turbina in un dato sito**.

Caso A –
esempio di
curva di potenza
turbina con
portanti
ostanti
rispetto a
quanto
dichiarato dal
costruttore



Caso B –
esempio di
curva di potenza
di turbina con
una ottima
corrispondenza
con quanto
dichiarato dal
costruttore

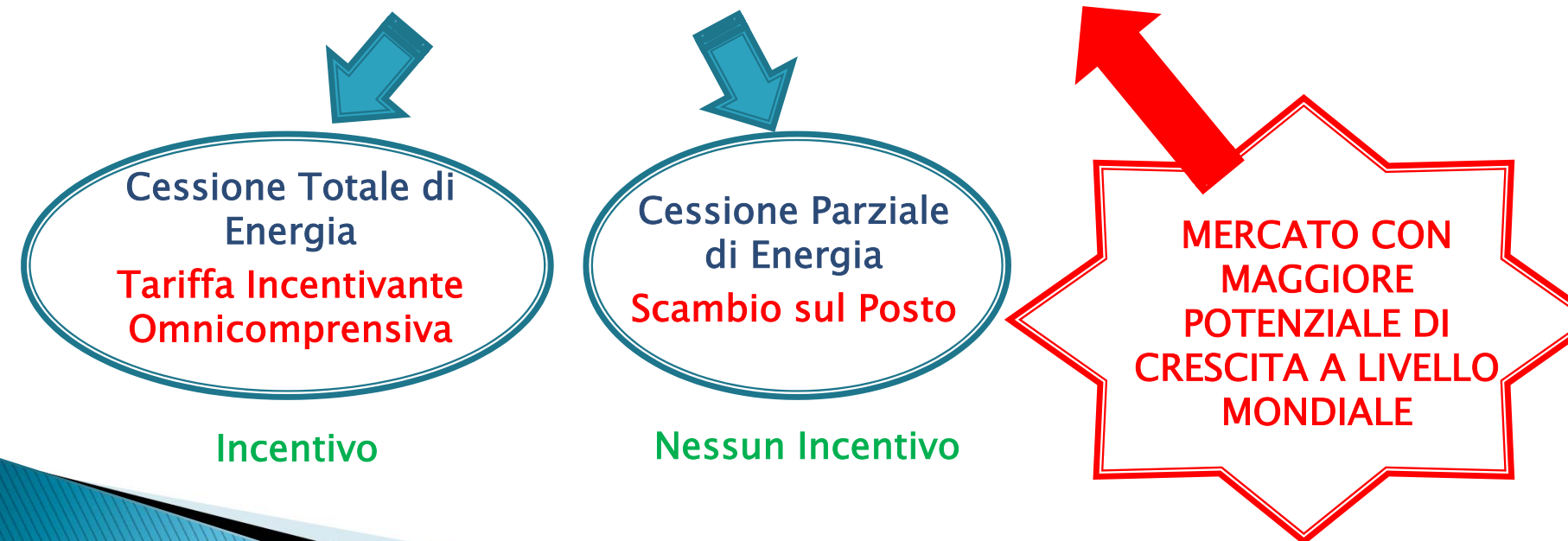
ANOMALIA ITALIANA: AL CONTRARIO DEL FOTOVOLTAICO, IN ITALIA NON VI E' ALCUN OBBLIGO DI CERTIFICAZIONE DELLE TURBINE PER ACCEDERE AGLI INCENTIVI

La certificazione andrebbe inserita come **obbligatoria** perché:

- ▶ consente al consumatore una comparazione oggettiva dei prodotti;
- ▶ gli enti di credito hanno un maggiore grado di confidenza che i prodotti rispondano a criteri di sicurezza, prestazioni e durata;
- ▶ dà protezione al consumatore;
- ▶ dà credibilità a questo settore industriale.

Applicazioni

- ▶ Sistemi Eolici **Isolati (OFF-GRID)**
- ▶ Sistemi Eolici **Ibridi** (spesso fotovoltaico/eolico).
- ▶ Sistemi Eolici **Connessi in Rete (ON-GRID)**.



Sistemi Eolici Isolati (OFF-GRID)

Le turbine eoliche sono utilizzate ai fini della generazione ed accumulo di energia elettrica principalmente per :

Alimentazione di utenze isolate (baite di montagna, abitazioni senza rete elettrica pubblica, piccole utenze quali elettrodomestici o piccoli impianti di illuminazione)

Ricarica batterie (micro-eolico per diporto nautico, idraulico, ripetitori per telecomunicazione, sistemi di pompaggio acqua, utenze di illuminazione pubblica: strade, viadotti, gallerie, fari, impianti semaforici)

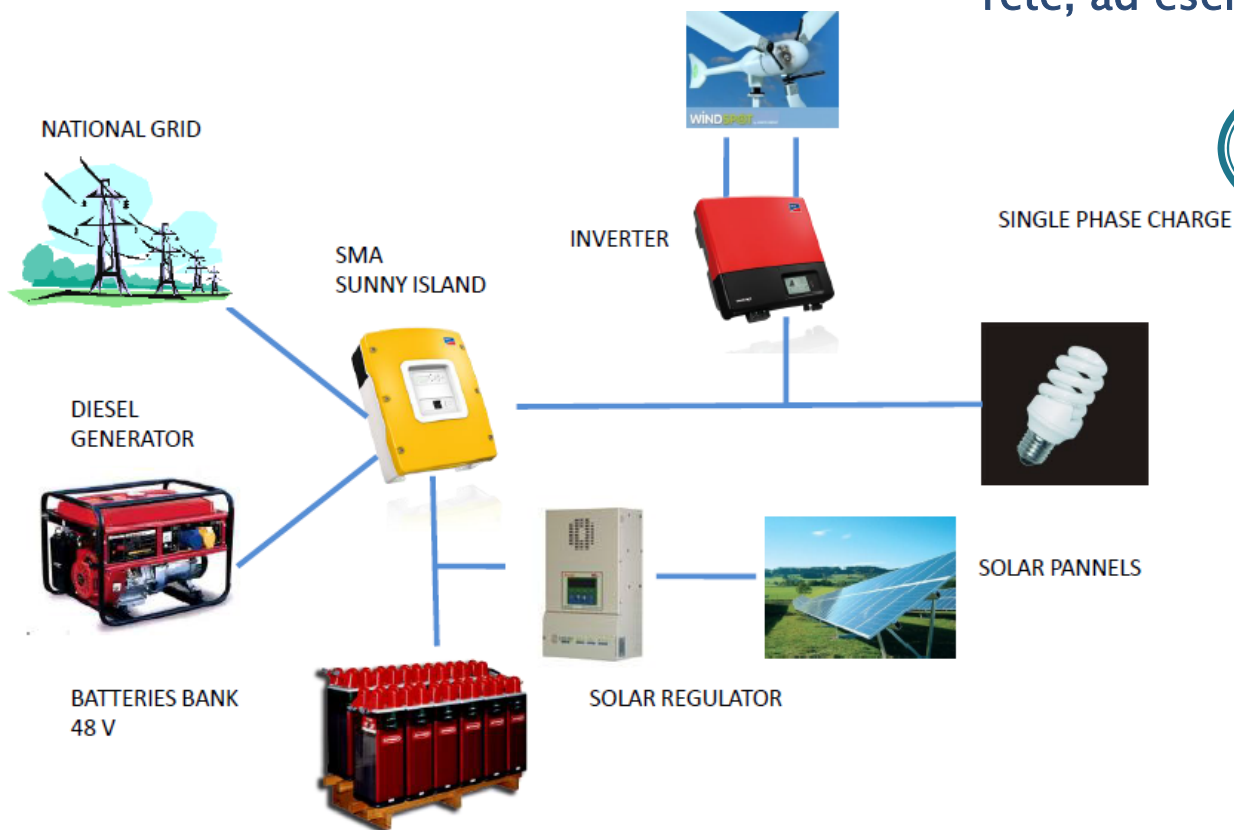
E' comunque necessario un sistema di accumulo dell'energia (meccanico, idraulico o elettrochimico/batteria)



Sistemi Eolici Ibridi

Ideali per la alimentazione di
comunità isolate non servite dalla
rete, ad esempio le isole.

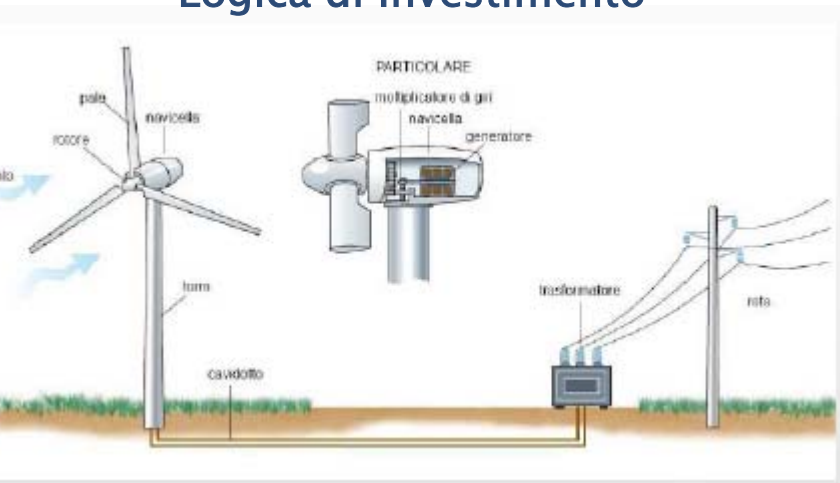
SMART GRID



Sistemi Eolici Connessi in Rete (ON-GRID)

Tariffa Omnicomprensiva

Logica di Investimento



Sistema di Incentivazione

Scambio sul Posto

Logica di Risparmio



È la rete stessa a fare da **“sistema di accumulo”**, utilizzando l'energia prodotta in modo discontinuo dalla turbina.

Seminario Tecnico:

Il Minieolico quale Opportunità per il Comparto Agricolo

IL MERCATO TARGET

(..Settore Industriale/Artigianale,
Aree Urbane Sub-Urbane)



FASI PER LA PROGETTAZIONE, AUTORIZZAZIONE E REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO MINIEOLICO

- ▶ Tariffe Incentivanti
- ▶ Analisi di Fattibilità di un impianto
- ▶ Autorizzazione di un impianto
- ▶ Realizzazione di un impianto

Tariffa Incentivante Omnicomprensiva (D.M. del 06.07.2012)

Estratto del D.M. del 06.07.2012 - Allegato 1 - Tabella 1.1

Allegato 1 - Vita utile convenzionale, tariffe incentivanti e incentivi per i nuovi impianti

Fonte rinnovabile	Tipologia	Potenza	VITA UTILE degli IMPIANTI	tariffa incentivante base
		kW	anni	€/MWh
Eolica	On-shore	1<Ps20	20	29,1
		20<Ps200	20	26,8
		200<Ps1000	20	14,9
		1000<Ps5000	20	13,5
	Off-shore (1)	1<Ps5000	25	17,6
		Ps5000	25	16,5
Idroeolica	ad acque fluente (compresi gli impianti in acquedotto)	1<Ps20	20	25,7
		20<Ps500	20	21,9
		500<Ps1000	20	15,5
		1000<Ps10000	25	12,9
	a bacino o a serbatoio	1<Ps10000	25	10,1
		Ps10000	30	9,6
Oceanica (compresi maree e moto ondoso)	1<Ps5000	15	30,0	
	Ps5000	20	19,4	

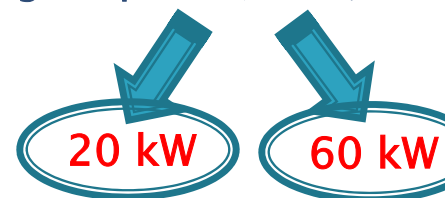
Gli Impianti minieolici potranno usufruire della **Tariffa Incentivante Omnicomprensiva** che prevede:

➔ per impianti eolici on-shore di **potenza inferiore o uguale a 20 kW** una tariffa pari a **29,1 c€/kWh** immesso in rete per **20 anni**

➔ per impianti eolici on-shore di **potenza superiore a 20 kW ed inferiore o uguale a 200 kW** una tariffa pari a **26,8 c€/kWh** immesso in rete per **20 anni**.

➔ Durata della tariffa come da decreto: **dal 2013 a tutto il 2015**

Gli impianti di potenza complessiva **inferiore o uguale a 60 kW** potranno accedere **direttamente** alla tariffa incentivante senza alcun obbligo di iscrizione al Registro Nazionale degli Impianti (Art. 4, comma 3 del D.M. del 06.07.2012).



Seminario Tecnico:

Il Minieolico quale Opportunità per il Comparto Agricolo

Analisi di Fattibilità di un Impianto

➤ Connessione alla Rete Enel BT

➤ Analisi Risorsa Vento e delle
Caratteristiche del Sito di Installazione

➤ Analisi Vincolistica

Connessione alla Rete Enel BT

Cessione Totale di Energia
Tariffa Incentivante
Omnicomprendiva



È necessario il
collegamento **diretto**
alla Rete Enel BT, più
difficile da ottenere



Impianti con $P < 50$ kW

È possibile collegarsi ad una
linea esistente Enel BT a
prescindere dalla ubicazione
della Cabina Enel BT

Impianti con $P \geq 50$ kW

È necessario collegarsi
direttamente alla Cabina Enel BT
più vicina (è preferibile max
distanza dalla cabina = 200 mt)

Cessione Parziale di
Energia
Scambio sul Posto

È necessario che sia
attivo un contratto di
fornitura di energia
elettrica

È relativamente **facile** da
ottenere, collegamento al quadro
generale dell'impianto elettrico
esistente



Analisi Risorsa Vento

In termini di misura/stima
della **velocità media annuale
del vento nel sito** e della sua
direzione prevalente

- ▶ Atlante Eolico Interattivo Nazionale a cura di RSE
disponibile on-line
(<http://atlanteeolico.rse-web.it/viewer.htm>)
- ▶ Campagna Anemometrica
- ▶ Software specifici per lo studio anemometrico del sito

▶ Atlante Eolico Interattivo Nazionale



Le zone interessanti sono:

- Zone Verdi ($4 \text{ m/s} < v < 5 \text{ m/s}$)
- Zone Gialle ($5 \text{ m/s} < v < 6 \text{ m/s}$)
- Zone Arancioni ($6 \text{ m/s} < v < 7 \text{ m/s}$)

Seminario Tecnico:

Il Minieolico quale Opportunità per il Comparto Agricolo

► Campagna Anemometrica

Installazione di un anemometro in corrispondenza del punto in cui si intende installare la turbina.

Criticità:

- **Costi** : almeno circa € 3.000,00 per la fornitura e posa in opera dell'anemometro + € 5.000,00 per la validazione e certificazione dei dati ai fini della bancabilità (è giustificata tale scelta, dato il costo di un impianto “chiavi in mano” esiguo se rapportato ai costi del grande eolico?)
- **Tempi**: almeno 12 mesi di permanenza nel sito (come la mettiamo con il “rischio durata della tariffa incentivante”, considerando anche i tempi di realizzazione degli impianti?)

► Software specifici per lo studio anemometrico del sito

Alcuni software: WASP , Wind Analytics, ecc..

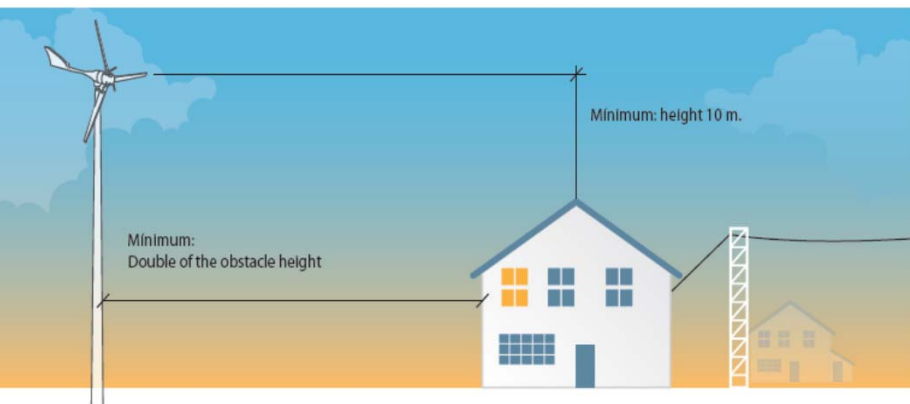
Alcuni costruttori delle turbine forniscono un servizio di stima della velocità media annuale del vento nel sito, stima della producibilità della turbina e disegno del layout di impianto, mediante software di loro proprietà o studi di consulenza associati specializzati in studi anemometrici.

Criticità:

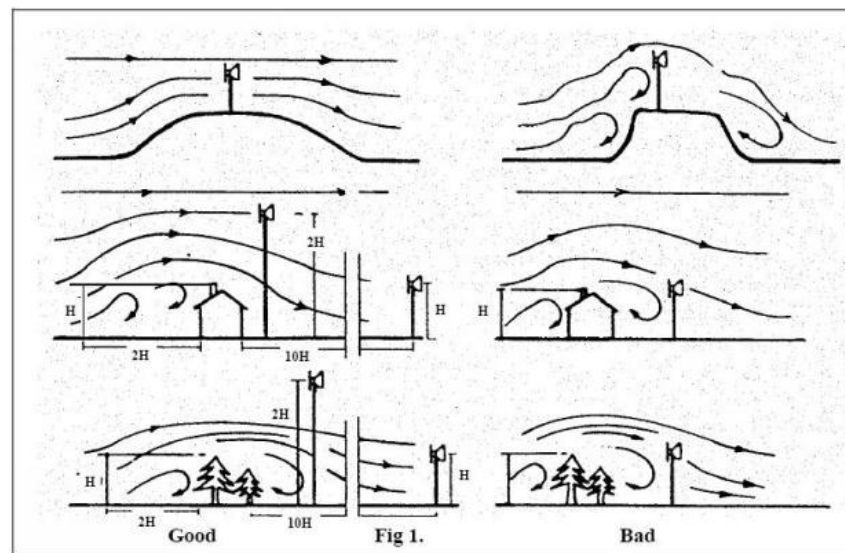
- **Affidabilità dei Software**: valutare il margine di errore nella stima e le referenze dello studio di consulenza/software utilizzato per la stima.

Analisi Caratteristiche del Sito di Installazione

Tra i principali fattori che possono causare una perdita di producibilità della turbina vi è la **TURBOLENZA DEL VENTO** causata principalmente da **ostacoli** che il vento incontra prima di investire la turbina, oppure da una **particolare conformazione orografica del sito di installazione**. Inoltre va anche valutata in sede di sopralluogo **l'accessibilità del sito** per l'installazione e la successiva manutenzione dell'impianto.



Regole tecniche per ridurre il più possibile l'effetto della turbolenza causata da ostacoli.



Calcolo della Producibilità di una Turbina Eolica

Calcolatore Energetico

Dati di Input:

Velocità media annuale del vento (m/s) =	5
Fattore k di Weibull =	2
Altitudine s.l.m. del sito di installazione (m) =	340
Fattore di taglio =	0,18
Altezza dell'anemometro (m) =	12
Altezza della torre (m) =	12
Fattore di turbolenza =	1,0%

Dati di Output:

Velocità media annuale del vento all'altezza dell'asse (m/s) =	5,00
Fattore di correz. della densità =	-3,1%
Tempo di funzionamento (%) =	82,2%
Ore equivalenti (h/anno) =	1'597
Potenza media (W) =	638
Energia media giornaliera (kWh) =	15,3
Produzione totale media annuale di energia generata (kWh) =	5'591

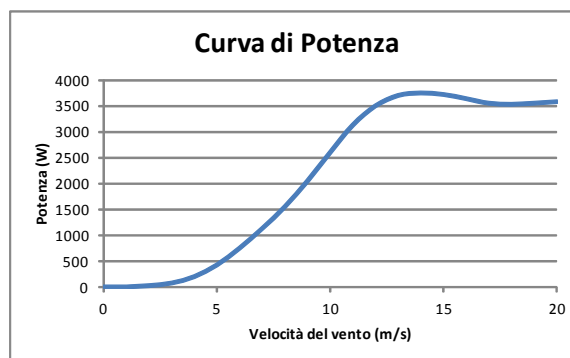
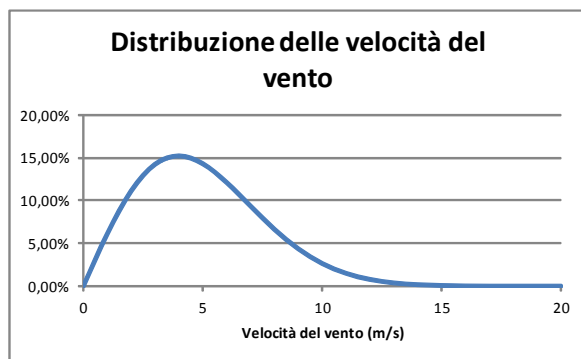
MODELLO TURBINA:

Potenza nominale Turbina (kW) = 3,5

Fondamentale è la **Certificazione della Curva di Potenza:**

La potenza prodotta da una turbina eolica dipende dalla velocità del vento **al cubo:**

$$P_t = \frac{1}{2} C_p \rho A V^3$$



C_p = Coefficiente di potenza
 ρ = densità dell'aria
 $A = \pi D^2 / 4$ = area spazzata
 V = velocità del vento
 (all'altezza del mozzo)

Limitazioni: Questo modello utilizza una idealizzazione matematica della distribuzione di probabilità della velocità del vento. La sua validità si riduce nel momento in cui l'intervallo di tempo in cui si effettuano le misurazioni si accorcia. Si raccomanda di utilizzare valori medi della velocità del vento su base annuale o mensile, e non giornaliera, in quanto per periodi di tempo troppo brevi la distribuzione delle velocità del vento non è compatibile con una distribuzione di Weibull.



Analisi Vincolistica

Gli impianti minieolici si possono realizzare in **aree agricole**, industriali/artigianali ed edificatorie.

Per i siti di installazione ubicati in aree ricadenti in vincoli urbanistici quali:

- ▶ **vincolo ambientale-paesaggistico, Zone SIC/ZPS, parchi nazionali, regionali, provinciali;**
- ▶ **vincolo idrogeologico;**
- ▶ **vincolo archeologico, ecc..;**

In fase autorizzativa, è necessario richiedere il Nulla-Osta da parte dell'Ente preposto alla tutela del vincolo.

Autorizzazione di un Impianto Minieolico

► Iter Autorizzativo

- Legge Regionale 19 gennaio 2010, n. 1 – P.I.E.A.R. – Regione Basilicata.


D.I.A. per impianti eolici di potenza nominale < 1 MWe (a cui allegare la TICA Enel ed eventuali nulla-osta/pareri di Enti).

Comunicazione Preventiva per gli interventi di cui all'articolo 11, comma 3, del decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 115, nel rispetto delle condizioni ivi previste e fatti salvi i casi di cui all'articolo 3, comma 3, lettera a), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, e successive modificazioni, **consistenti nell'installazione di singoli generatori eolici con altezza complessiva non superiore a 1,5 metri e diametro non superiore a 1 metro.**

- Legge regionale 26 aprile 2012, n. 8 – Disposizioni in materia di produzione energia elettrica da fonti rinnovabili.

Art. 4 – **PAS – Procedura Abilitativa Semplificata (ex D.I.A.) per tutti gli impianti a fonti rinnovabili di potenza nominale < 1 MWe.**

Art. 7 – Il regime della **comunicazione relativa alle attività in edilizia libera**, di cui ai paragrafi 11 e 12 delle linee guida adottate ai sensi dell'articolo 12, comma 10, del Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 **è esteso ai progetti di impianti alimentati da fonti rinnovabili con potenza nominale fino a 50 KW, nonché agli impianti fotovoltaici di qualsivoglia potenza da realizzare sugli edifici**, fatta salva la disciplina in materia di valutazione di impatto ambientale e di tutela delle risorse idriche.

 *Considerando che molti impianti micro/minieolici hanno potenza inferiore a 50 kW → essi possono essere autorizzati con una semplice comunicazione relativa alle attività in edilizia libera, fatta salva la disciplina in materia di valutazione di impatto ambientale e di tutela delle risorse idriche.*



Realizzazione di un Impianto Minieolico - Componenti di un Offerta

- ▶ **Tecnologia** (Turbina + Torre e Tirafondi fondazione + Apparecchiatura elettrica / elettronica di funzionamento)
- ▶ **Opere Civili** (Plinto/Plinti di fondazione + eventuale Viabilità di Accesso)
- ▶ **Servizi di Installazione** (Trasporto ed Imballaggio + Nolo Gru ed eventuale Cestello + Montaggio ed Installazione in sito della Turbina, Torre ed Apparecchiatura varia + Prova e Collaudo dell'impianto)
- ▶ **Servizi di Consulenza** (Autorizzazioni varie compreso eventuali nulla-osta di enti + Progettazione e calcolo plinto di fondazione + Relazione Geologica + Pratica Genio Civile + Pratica Enel + Pratica GSE + Direzione Lavori e Sicurezza in Cantiere ex D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008 e s.m.i. + Accatastamento (?))
- ▶ **Opere Elettriche per Allaccio Rete Enel**

Realizzazione di un Impianto Minieolico - Fasi Realizzative



Dott. Ing. Pasquale NICASTRO
Via G. Verne, n. 31 /bis - 75100 Matera
tel./fax +39 0835 331248 / 385704
mobile +39 393 9078954
e-mail: pasquale.nicastro@gbenergy.it



Collegio dei Periti Agrari e
dei Periti Agrari Laureati di Potenza



Collegio Interprovinciale degli Agrotecnici e
degli Agrotecnici Laureati di Potenza e Matera

Venerdì 07 Giugno 2013
Università degli Studi della Basilicata
Via dell'Ateneo (Campus Macchia
Romana) - Potenza



Costo Impianto Minieolico «chiavi in mano»

mediamente da 3.500,00 a 4.500,00 €/kW installato

In realtà a differenza del fotovoltaico, data la maggiore variabilità della produzione energetica eolica rispetto a quella fotovoltaica, il costo dell'impianto andrebbe valutato **non per kW di potenza installata**, ma bensì per **kWh di produzione generata (meglio se certificata)**.

	Potenza Generatore (kW)	Producibilità a 5 m/s (kWh)	Costo Totale Chiavi in Mano	Costo/kW	Costo/kWh
Turbina 1	10	37'360	€ 57'000,00	€ 5'700,00	€ 1,53
Turbina 2	20	29'000	€ 67'000,00	€ 3'350,00	€ 2,31
Fotovoltaico	20	27'000	€ 40'000,00	€ 2'000,00	€ 1,48



Il Fotovoltaico e la Turbina 1 hanno quasi lo stesso costo a kWh !!!!

Seminario Tecnico:

Il Minieolico quale Opportunità per il Comparto Agricolo

..ma allora perché scegliere il **Minieolico** piuttosto che il **Fotovoltaico**?

- ➔ Tariffa Incentivante notevolmente **PIU' ALTA**
- ➔ Nei siti con buona ventosità ($v \geq 5$ m/s) **MAGGIORE CAPACITA' PRODUTTIVA** (Fotovoltaico 1.350 ore equiv. / Minieolico 2.000-3.500 ore equiv.)
- ➔ **MINORE INGOMBRO E OCCUPAZIONE DI SUPERFICIE AGRICOLA** (non sottrae terreno all'agricoltura)
- ➔ **MINORE RISCHIO FURTO** (con risparmio sui costi di assicurazione e gestione di impianto)
- ➔ **BASSI COSTI DI SMALTIMENTO DOPO I 20 ANNI DI VITA UTILE DELL'IMPIANTO** (essendo tali impianti costituiti da materiali di assoluto valore e totalmente riciclabili quali acciaio, alluminio, rame, ecc..)



Modalità di Finanziamento

- ▶ **Mutuo Bancario** con tasso di interesse variabile mediamente dal 5% al 6,5%
- ▶ **Leasing** con tasso di interesse variabile mediamente dal 5% al 9%
- ▶ **Mezzi Propri** (bassa entità dell'investimento)



Business Plan e Tempi di Ritorno dell'Investimento

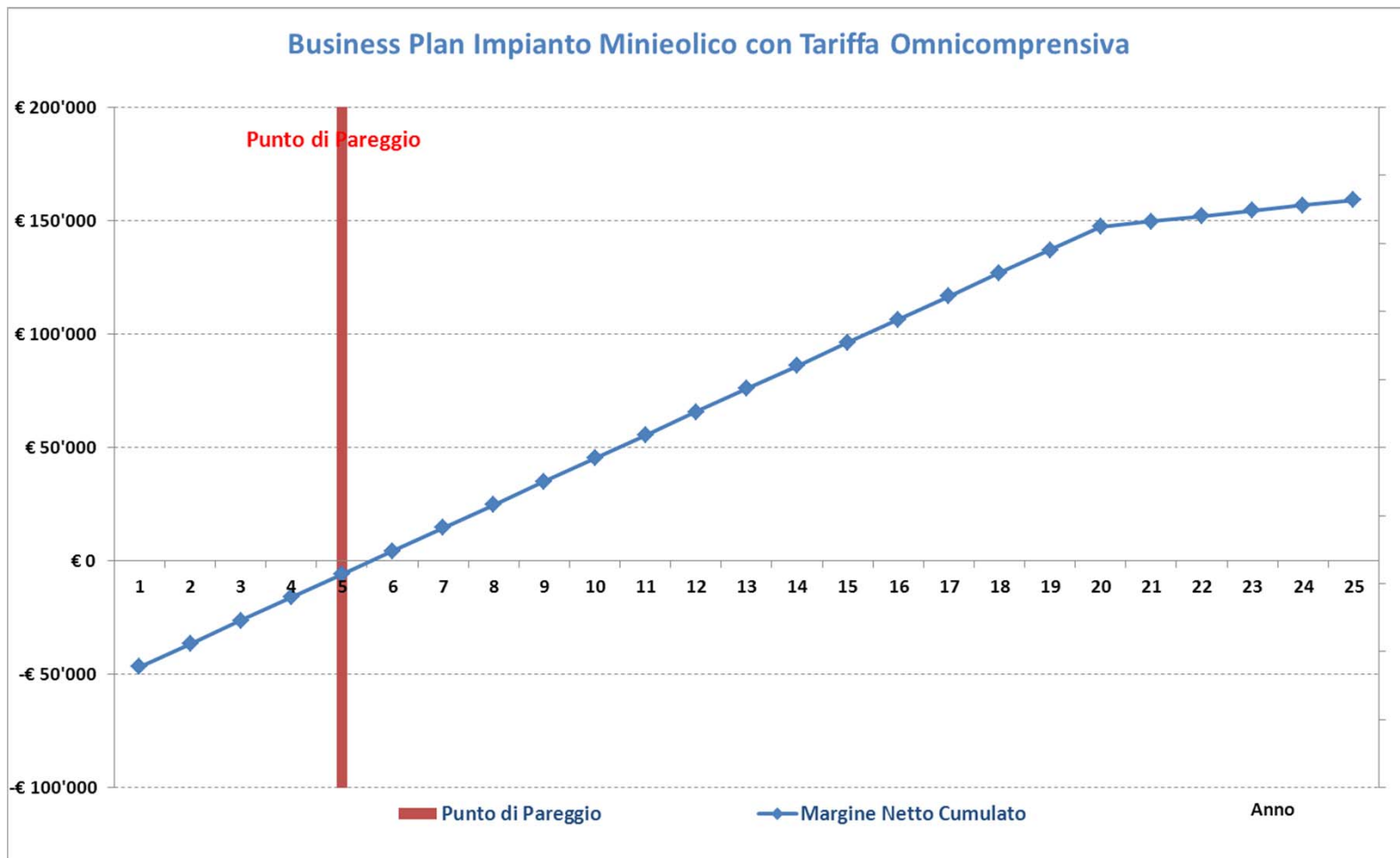
Business Plan Impianto Minieolico con Turbina Minieolica da **10** kW


Numero Generatori Eolici	1	(n°)	
Potenza nominale singolo generatore eolico	10,00	(kW)	
Potenza nominale totale impianto	10,00	(kW)	
Velocità media annuale del vento stimata per il sito di installazione	5,00	(m/s)	
Produzione totale annuale per singola turbina da curva di potenza certificata	37'360	(kWh)	3'736 ore equivalenti
Produzione totale annuale complessiva dell'impianto	37'360	(kWh)	
Costo complessivo impianto	57'000	€	
Mezzi propri	100%	57'000	€
Finanziamento bancario	0%	0	€
Investimento Totale Impianto	57'000	€	
Tempo di restituzione del finanziamento bancario	20	anni	
Tasso di interesse del finanziamento bancario	5,00%		
Rata mutuo M= mensile / T= trimestrale / S = Semestrale / A = Annuale	S		
IMPORTO RATA MUTUO PERIODICA	€ 0,00		
Tariffa Incentivante Omnicomprensiva (D.M. del 06.07.2012 - Allegato 1 - Tabella 1.1)	0,291	(€/kWh) per 20 anni	
Prezzo stimato di vendita energia in rete	0,08	(€/kWh)	valido dopo 20 anni di tariffa
Canone Annuale di Manutenzione	650,00	(€/anno)	

Tasso di rendimento medio annuale dell'investimento a 20 anni **17,93%**

Punto di Pareggio **5** **(ritorno del capitale investito in anni)**

Anno	Produzione (kWh)	Ricavo Energia Vendita	Rate Mutuo ANNUALI	Margine Lordo	Manutenzione ANNUA	Mezzi Propri	Margine Netto	Margine Netto Cumulato
1	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00	-€ 57'000,00	€ 10'221,76	-€ 46'778,24
2	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	-€ 36'556,48
3	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	-€ 26'334,72
4	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	-€ 16'112,96
5	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	-€ 5'891,20
6	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 4'330,56
7	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 14'552,32
8	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 24'774,08
9	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 34'995,84
10	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 45'217,60
11	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 55'439,36
12	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 65'661,12
13	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 75'882,88
14	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 86'104,64
15	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 96'326,40
16	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 106'548,16
17	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 116'769,92
18	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 126'991,68
19	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 137'213,44
20	37'360,00	€ 10'871,76	€ 0,00	€ 10'871,76	€ 650,00		€ 10'221,76	€ 147'435,20
21	37'360,00	€ 2'988,80	€ 0,00	€ 2'988,80	€ 650,00		€ 2'338,80	€ 149'774,00
22	37'360,00	€ 2'988,80	€ 0,00	€ 2'988,80	€ 650,00		€ 2'338,80	€ 152'112,80
23	37'360,00	€ 2'988,80	€ 0,00	€ 2'988,80	€ 650,00		€ 2'338,80	€ 154'451,60
24	37'360,00	€ 2'988,80	€ 0,00	€ 2'988,80	€ 650,00		€ 2'338,80	€ 156'790,40
25	37'360,00	€ 2'988,80	€ 0,00	€ 2'988,80	€ 650,00		€ 2'338,80	€ 159'129,20





**GRAZIE E
BUON VENTO A
TUTTI !!**

ING. PASQUALE NICASTRO

Via G. Verne, n. 31 /bis

75100 - MATERA

TEL./FAX +39 0835 331248 385704

mobile: +39 393 9078954

e-mail: pasquale.nicastro@gbenergy.it

skype: [pasquale.nicastro74](https://www.skype.com/people/pasquale.nicastro74)