



di: Diego Rosa

Breve introduzione alle energie rinnovabili (sole, vento, acqua)

Parte terza – L'energia eolica – II

Macchine antiche, macchine moderne

Sono noti i mulini a vento cretesi (mulini detti "a vela" perché dotati di pale di stoffa), quelli olandesi che da questi derivano, a quattro pale, e quelli a multipala che hanno caratterizzato, nella seconda metà dell'ottocento, il paesaggio del West americano. Tutte queste macchine (ad asse orizzontale) hanno alta solidità (= rapporto tra superficie delle pale e quella dei cerchi in cui sono inscritte), una bassa velocità di rotazione ed un basso coefficiente C_p (variabile tra 0,15 e 0,3), tuttavia presentano una buona affidabilità ed una coppia massima già alle basse velocità (meglio: ai bassi valori del rapporto tra la velocità periferica delle pale e quella del vento = u/v). Sono ancora poco impiegate macchine ad asse di rotazione verticale (con rotore Savonius o rotore Darrieus).

Nella stragrande maggioranza dei casi si usano attualmente aerogeneratori ad elica a due o tre pale che lavorano ad alta velocità di rotazione.

Il coefficiente C_p può raggiungere valori prossimi a 0,5 per un rapporto velocità periferica della girante/velocità del vento u/v , attorno a 6 - 10.

La potenza, come si vede nei grafici di figg. 2 e 3, aumenta a partire da un valore di soglia della velocità del vento, sotto il quale non vi è produzione di energia, in ragione cubica con la stessa velocità e raggiunto il valore massimo, resta costante sino a che la macchina per non essere danneggiata dalle sollecitazioni dovute ai venti più forti, non viene posta una situazione di stallo e cessa di funzionare. La situazione di stallo è ottenuta mediante una rotazione delle pale attorno al loro asse longitudinale (con detta operazione si attua il controllo di passo che serve anche per ottimizzare il rendimento al variare delle condizioni di funzionamento), oppure da un opportuno disegno aerodinamico delle stesse pale che fa sì che la portanza si annulli a partire da un certo valore della velocità .

In fig. 1 è riportato uno schema di principio del rotore e della struttura, detta navicella, che contiene i meccanismi di moltiplicazione della velocità di rotazione ed il generatore elettrico.

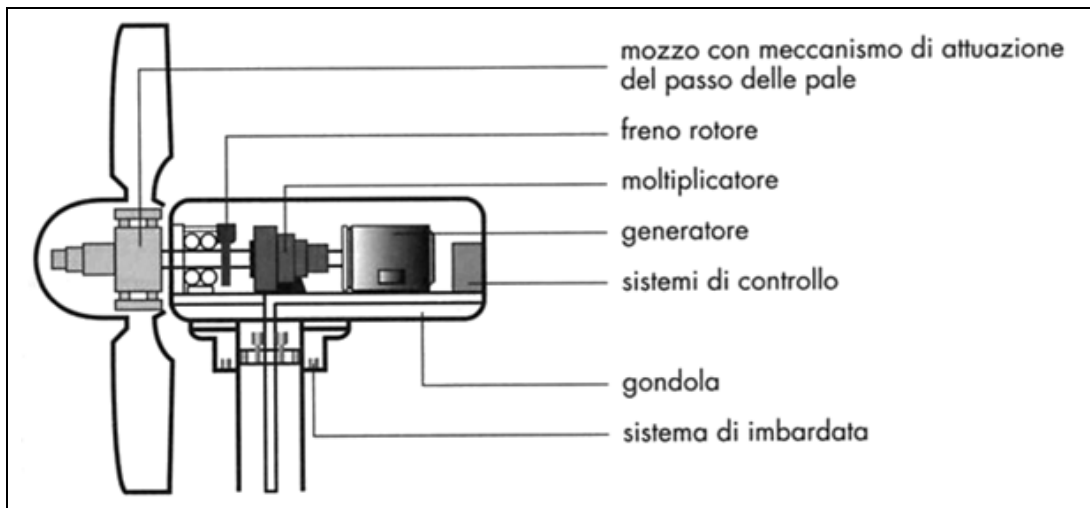


Fig. 1 - Schema di principio di un aerogeneratore

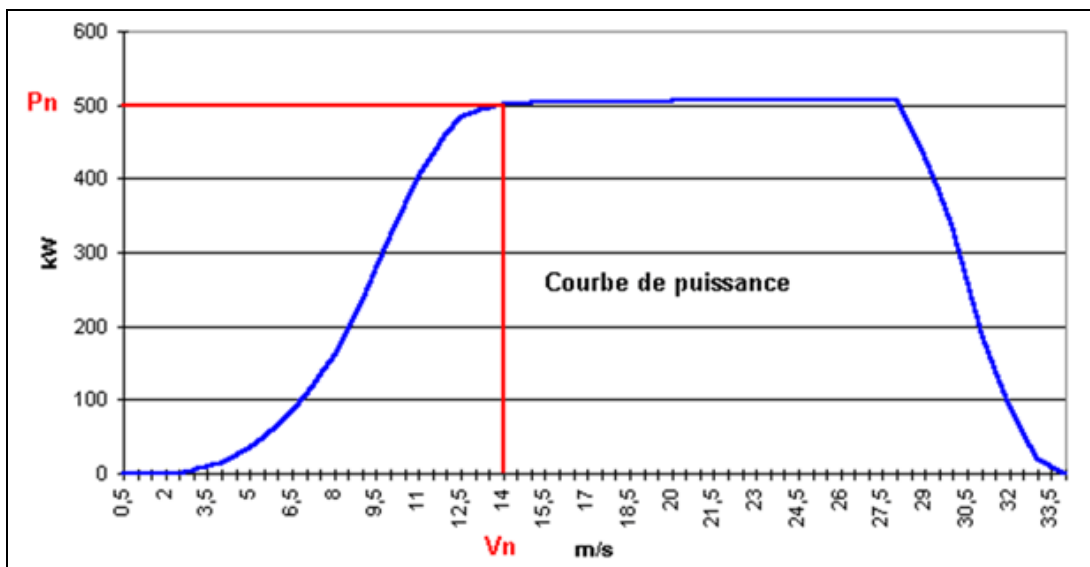


Fig. 2 - Curva tipo di potenza di una macchina ad elica di produzione francese con potenza nominale = 500 kW. Velocità del vento alla potenza nominale $v_n = 14$ m/s

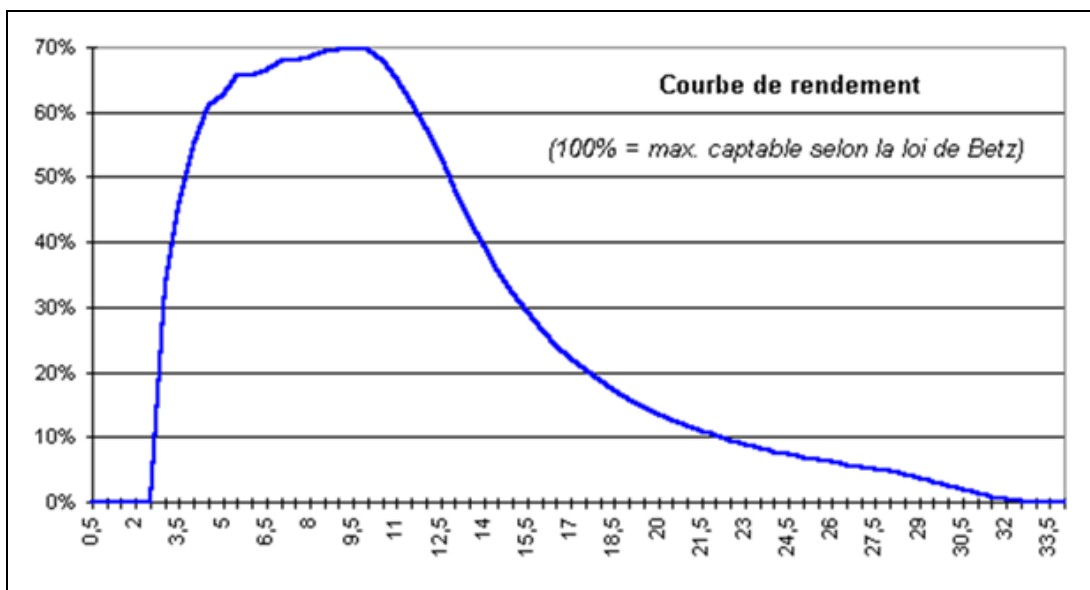


Fig. 3 - Rendimento relativo rispetto a quello teorico (legge di Betz) posto = a 100, della macchina di fig. 2, in funzione della velocità del vento (m/s)

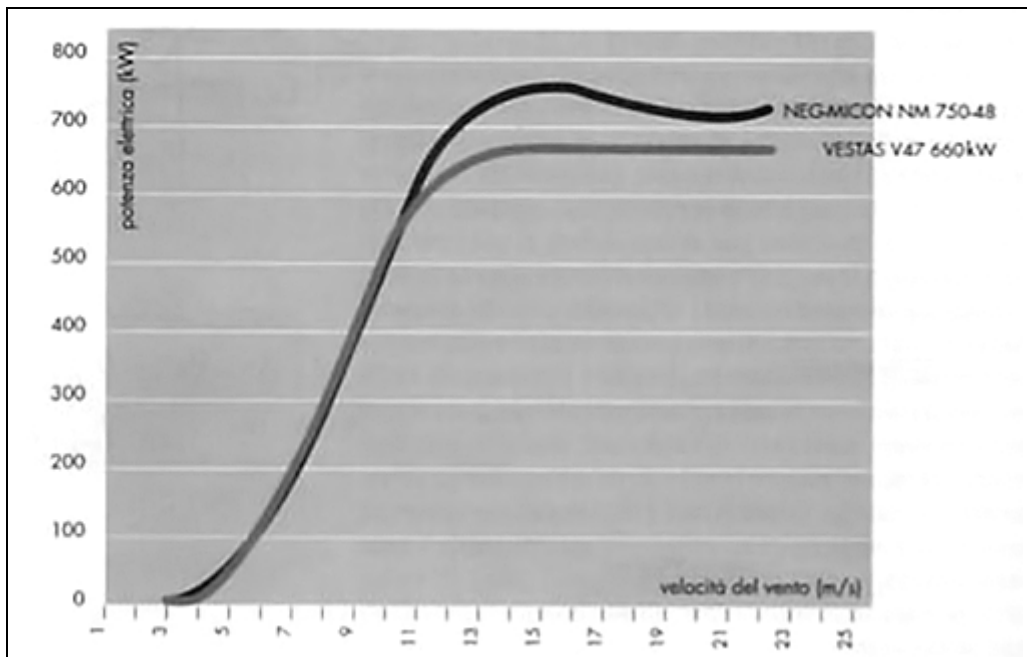


Fig. 4 - Curve di potenza di due macchine commercializzate in Italia

Nelle figg. 2 e 3 sono riportate le curve della potenza e del rendimento relativo (rispetto a quello teorico) di una tipica macchina da 500 kW nominali adatta alle coste atlantiche, con una velocità del vento alla potenza nominale = 14 m/s.

Ancora nella fig. 4 sono riportate le curve di potenza di 2 macchine commercializzate in Italia, con potenze nominali di 660 e 750 kW.

Un parametro importante per valutare la convenienza di installare un aerogeneratore in un determinato sito è il rapporto tra i kWh producibili e la potenza installata ovvero le ore equivalenti di funzionamento della macchina a potenza nominale, durante l'anno. Per un sito con velocità media del vento ad altezza dell'asse del rotore di 7 m/s ed una macchina da 600 kW, tale rapporto, espresso in ore è pari a circa 2500.

La disponibilità di una moderna macchina (intesa come percentuale dell'anno durante la quale la macchina non è guasta od è in manutenzione, ed è pronta a funzionare) è notevole: pari a circa il 98%. Il tempo di funzionamento previsto è di almeno 20 anni.



Fig. 5 - Aerogeneratori a tre pale

Elementi economici

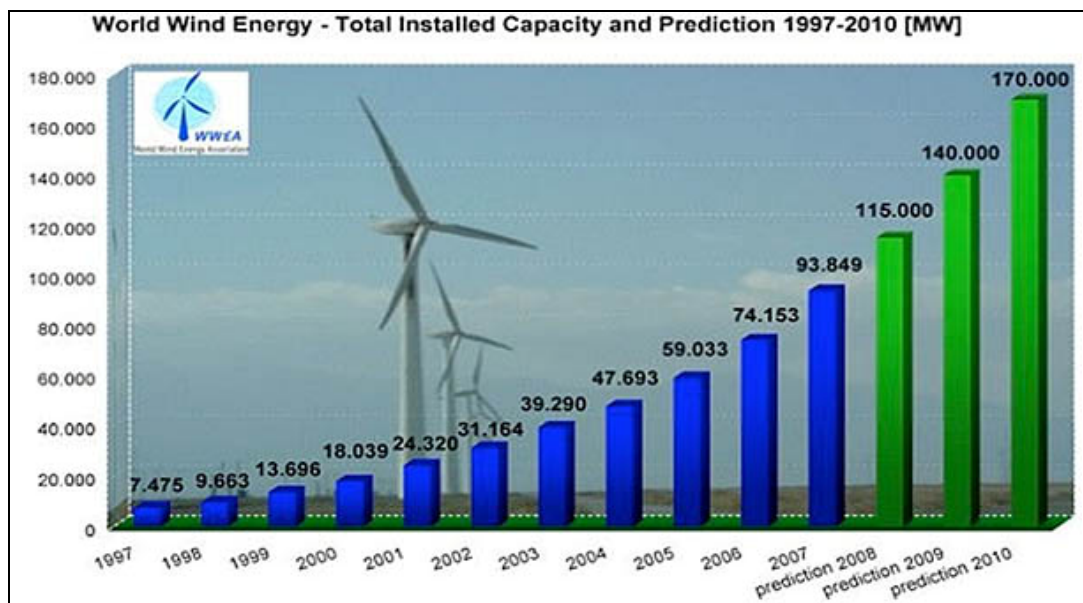


Fig. 6 - Capacità di produzione energia eolica nel mondo in MW

I costi del kWh eolico vanno costantemente diminuendo.

A fine 2002 variavano (tenuto conto anche dell'ammortamento su 20 anni) tra 5 e 15 centesimi di euro, in funzione delle caratteristiche aerologiche del sito e della potenza installata. L'Unione Europea ha fissato un obiettivo di 4 centesimi/kWh, costo già ora ottenibile con le migliori macchine, in siti adeguati.

Parte importante del costo è quella dovuta all'installazione (comprendente il costo delle macchine e della realizzazione delle infrastrutture), stimata attorno ai 1000 – 1500 euro/kW per grandi complessi di aerogeneratori ("wind farm"), significativamente maggiori per gli impianti singoli. Ridotti sono i costi di manutenzione e di gestione. Nulli ovviamente i costi della materia prima.

Per i produttori di energia eolica esiste un'incentivazione notevole: oltre a poter cedere con priorità l'energia prodotta al Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (GRTN) ai prezzi di mercato, essi diventano titolari dei così detti certificati verdi (CV), un titolo CV ogni 100 MWh prodotti, che possono essere venduti a produttori elettrici che non sono in grado o non vogliono rispettare il vincolo, imposto dalla Comunità Europea, direttive 96/92/CE e 2001/77/CE, che almeno il 2% (aumentato di un 0,35% annuo a partire dal 2005) dell'energia da essi prodotta provenga da fonti rinnovabili, CV venduti a prezzi stabiliti in un'apposita borsa gestita dallo stesso GRTN.

Alla fine del 2008 la potenza installata in Italia superava i 3700 MW con una produzione di circa 8000 MWh.

Eolico offshore

Notevoli vantaggi ambientali presenta la realizzazione di parchi di aerogeneratori in mare aperto. E se i costi di installazione sono più elevati, il rendimento delle macchine è maggiore date le caratteristiche aerologiche dei siti. Numerosi impianti sono stati già costruiti e ancor più sono in progetto nel Mare del Nord.

Immenso è il potenziale teorico "offshore" dell'Europa, stimato in ca. 3000 TWh/anno di cui 150 in Italia. Problemi ambientali e turistici altezza dei fondali, rendono tuttavia poco probabile da noi un sfruttamento intensivo di tale risorsa.

Impatti e rischi ambientali

L'eolico non produce ovviamente effetto serra.

Altre però sono le problematiche ambientali che si evidenziano, legate in particolare a:

- occupazione del suolo
- impatto paesaggistico
- rumore
- impatto sull'avifauna
- interferenze elettromagnetiche

Occupazione del suolo

Le vie d'accesso, le linee elettriche, le piazzole di fondazione possono deturpare l'ambiente magari di pregio od incontaminato ovvero protetto (parco o riserva naturale).

Impatto paesaggistico

Le strutture per produrre energia eolica significativa sono molto voluminose. Ad esempio un impianto da 600 kW comporta un rotore di ca. 40 m di diametro ed una torre di sostegno alta al mozzo almeno 40 m, con un ingombro totale di almeno 60 m. Un impianto da 1,5 MW presenta un'altezza totale di ca. 90 m. Tali strutture specie se raggruppate in "parchi" e poste come spesso succede in posizioni elevate segnano, talora deturpano profondamente e definitivamente il paesaggio, anche in prospettiva molto lontana. Esempio molto negativo è il sito di Altamont Pass in California dove sono state concentrate con pessimo risultato estetico - paesaggistico 7300 macchine per una potenza installata di 800 MW su un'area di 140 Km².

Rumore

I primi aerogeneratori ad elica erano alquanto rumorosi.

Ora la loro rumorosità è molto diminuita. Per macchine da 200 - 400 kW alla potenza nominale si sono misurati livelli di rumore di 60 - 62 dB a 100 m di distanza. Comunque per le "wind farm" si indicano distanze minime da rispettare di 300- 400 m dalle case isolate, 400 - 500 m dalle zone residenziali, 1000 m dalle zone turistiche. Per l'impianto singolo si indica una zona di rispetto avente un raggio maggiore di 300 m e non inferiore a 7 volte il diametro della girante

Impatto sulla fauna

Il solo effetto significativo a questo riguardo è l'impatto dei volatili contro il rotore della macchina. Data la sua alta velocità di rotazione esso non è visibile. E' stato un problema rilevato nella località già citata di Altamont Pass, in California.

Anche se altri manufatti dell'uomo provocano maggiori effetti sull'avifauna (linee ad alta tensione, strade ed autostrade ecc.) si dovrebbero evitare i siti soggetti a passo migratorio o sede di specie protette. Sono comunque allo studio sistemi per evitare tali impatti.

Interferenze elettromagnetiche

I rotori provocavano significativi disturbi alle trasmissioni elettromagnetiche. Ora tali problemi sono ridotti da quando le pale non sono più realizzate in materiali metallici (fibra di vetro o di carbonio).



Fig. 7 - Aerogeneratori al Passo della Cappelletta (Varese Ligure)
Foto: Massimo Riso