



Generazione eolica d'altitudine

Dossier informativo

P3-2007

| | |
|-------------------------|-------------------|
| Codice | P3-2007 |
| Pagg. | 16 |
| Ultima revisione | 14 mar 2011 |
| Emesso da | Massimo Ippolito |
| Revisionato da | Marcello Corongiu |
| Validazione | 25 mar 2011 |
| Revisione entro | 25 lug 2011 |

1. Premessa

Prospettive concrete per un nuovo sistema di produzione di energia pulita

di Massimo Ippolito

“Un anello di 20 km di diametro, molto simile ad un viadotto ferroviario, esteso come il raccordo anulare di Roma, ma realizzato in mezzo al mare costituisce la base, o come si dice tecnicamente, lo statore, sul quale ruota il generatore KiteGen®, l'eolico di alta quota o eolico troposferico.

Dei leggeri profili alari volano automaticamente e in formazione a diversi km di altezza, mentre le funi che li vincolano al rotore forniscono la forza per mettere in rotazione la grande macchina che provvede alla conversione elettrica.

La potenza elettrica prodotta dall'impianto è sufficiente per alimentare la rete elettrica di tutta l'Italia, oltre 60 GWe, anche in giornate non particolarmente ventose...”

Può sembrare un inizio poco cauto, ma mi ricordo che in un seminario per imprenditori si ammoniva che si deve saper andare oltre la sfera della nostra visione standard, almeno con l'immaginazione. Altrimenti non ci può essere innovazione.

Cosa dice la visione non standard che da quasi un decennio muove, con una certa dose di comprensibile riservatezza, le menti di organizzazioni pubbliche e private, università italiane ed europee con decine di tesi di laurea e dipartimenti impegnati a confermarne gli assunti di base?

1. *Esiste ed è di entità senza paragoni un giacimento energetico, rappresentato dal vento di alta quota, intercettabile da una simile macchina.*

L'atmosfera funge da immenso collettore solare. E' immediatamente disponibile, non ha bisogno di manutenzione ed è già dispiegato in modo sostanzialmente omogeneo su tutta la superficie terrestre. E' un giacimento di energia meccanica: un'energia nobile, convertibile in energia elettrica facilmente e senza perdite significative. A differenza delle attuali torri eoliche che appena, arrivano a scalfire questo giacimento, il KiteGen® sfrutta pienamente l'energia che fluisce copiosamente in buona parte della sovrastante troposfera.

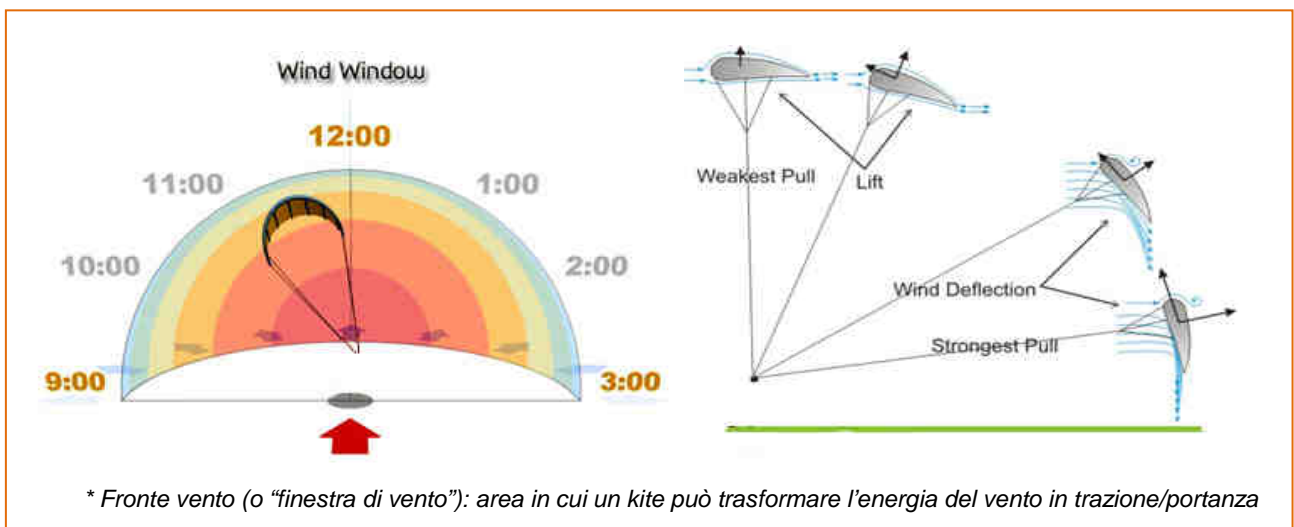
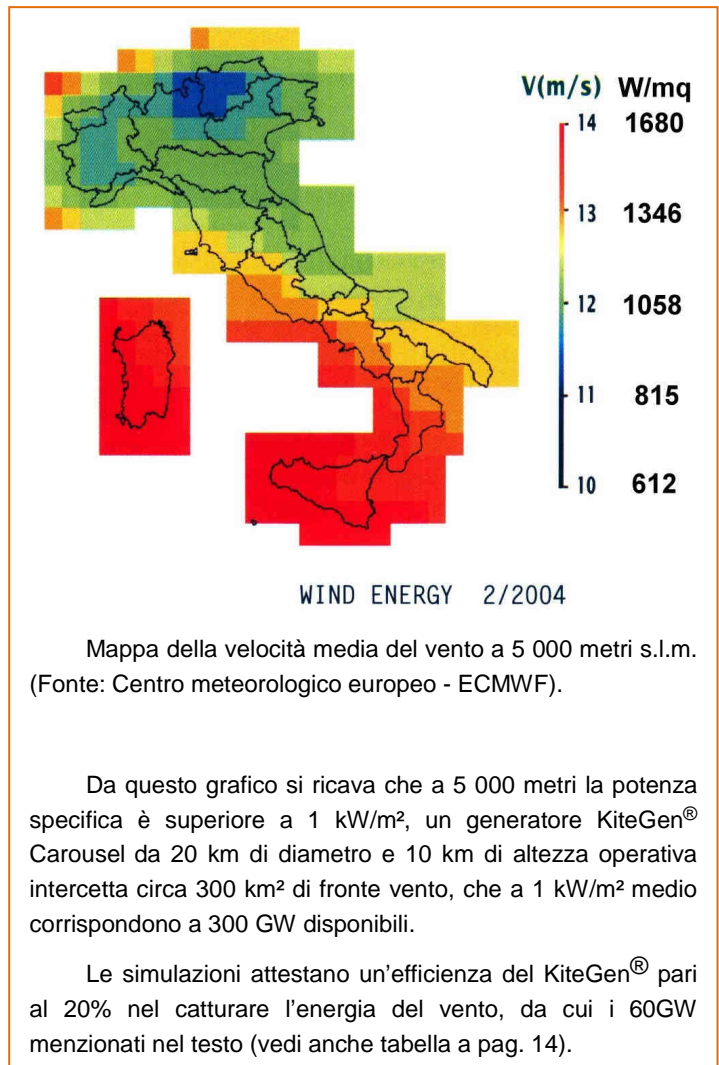
2. *Si possono concepire impianti intelligenti, economici e soprattutto scalabili, perché basati su un concetto modulare, che raggiungano e sfruttino tale giacimento.*

La scalabilità del KiteGen® non è di tipo strutturale, il concetto prevede una moltiplicazione dei singoli moduli che producono energia sullo stesso percorso circolare. La difficoltà tecnologica al crescere della potenza è analoga a quella che passa tra la tecnologia di una singola automobile e una lunga fila di automobili. Sarebbe come se si potessero installare decine di migliaia di aerogeneratori convenzionali (torri eoliche) nello stesso sito... ma per le torri non è fattibile, poiché per mantenere una certa efficienza è necessario rispettare una distanza predeterminata. Per i moduli del KiteGen® questo limite viene superato, ogni modulo va a intercettare porzioni di vento non sfruttate nella grande superficie di fronte vento* di pertinenza della macchina.

Mettere all'opera macchine simili non è la soddisfazione di veder funzionare una grande opera tecnologica alla portata di mano della nostra società industriale, ma è una precisa e ineluttabile necessità. Nel 2025 l'Europa a 25 avrà un deficit elettrico pari alla metà dei consumi previsti ed altrettanta energia elettrica verrà richiesta dai paesi mediterranei: un fabbisogno enorme che solo una fonte pulita, rinnovabile e di ampio potenziale energetico come l'eolico troposferico può sostenere.

Con la tecnologia KiteGen® è molto facile pensare, e non solo sognare, un mix energetico composto da più di metà *baseload* proveniente dall'eolico troposferico, il resto essendo costituito - a copertura del picco ricorrente di domanda diurno - dal solare fotovoltaico, dall'idroelettrico e dal geotermico, quindi esclusivamente e al 100% energie rinnovabili, senza emissioni inquinanti o climalteranti.

Per ora non sappiamo se le valutazioni di opportunità porteranno in futuro a concepire KiteGen® da 60 GW, della portata e delle dimensioni sopra descritte, ma una cosa è abbastanza certa: un costo dell'energia prodotta al di sotto dei 3 centesimi di Euro al kWh, assai più basso di quanto ottenibile con le migliori centrali elettriche turbogas a ciclo combinato, è raggiungibile già con impianti di potenza 100 MW, per i quali è sufficiente un anello di 1.000 metri di diametro.



2. Uno scenario completamente diverso nella produzione di energia

KiteGen® è l'ultima evoluzione del concetto di energia eolica. Un progetto radicalmente innovativo ma in grado di porsi sul mercato delle fonti rinnovabili come la più concreta e competitiva soluzione per risolvere la crisi energetica mondiale.

La grande novità del KiteGen® è rappresentata dalla capacità di utilizzare una fonte energetica illimitata, disponibile ovunque e ad oggi ancora non sfruttata: il vento d'alta quota.

Per catturare questa immensa fonte d'energia è necessario un radicale cambio di prospettive: non più strutture pesanti e statiche, ma una macchina intelligente e dinamica.

Grandi aquiloni, pilotati attraverso sofisticati sensori, viaggiano ad alta quota catturando venti dall'intensità molto superiore a quella raccolta dalle turbine eoliche tradizionali.

La visione di KiteGen®, ciò che in prospettiva intendiamo realizzare, è un tipo completamente nuovo di centrale elettrica, adatto a quasi ogni territorio, per la produzione da fonte rinnovabile di elettricità, a costi inferiori a quelli ottenuti con i combustibili fossili, in diretta competizione con le odierne installazioni convenzionali, a carbone, a gas o nucleare, della classe del GigaWatt.

3. L'energia del vento: un grande giacimento

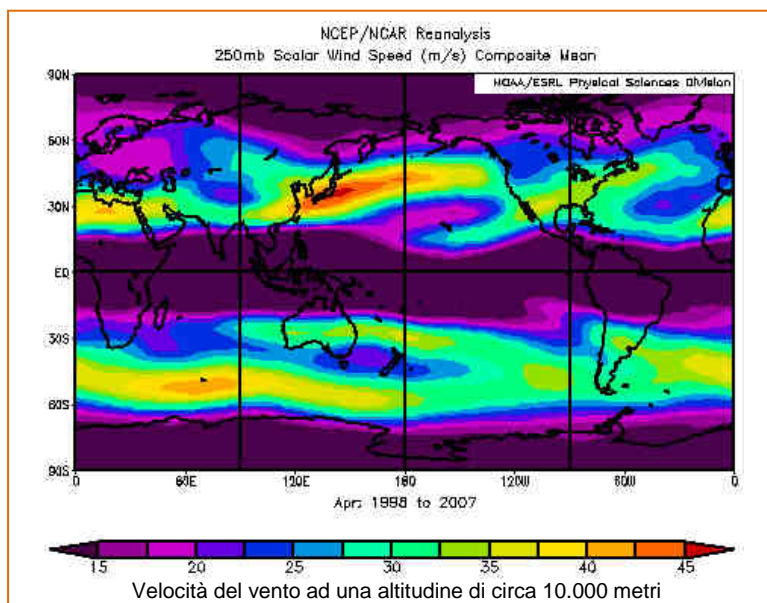
Il vento è calore del sole trasformato in energia cinetica dal più grande collettore solare a nostra disposizione, l'atmosfera terrestre. La potenza totale del vento è stimata fra 1.700 e 3.500 TeraWatt; pari a circa 300 volte l'intero fabbisogno primario di energia dell'umanità (stimato in circa 14 TW).

Due nastri di vento circondano completamente la Terra, con la massima potenza specifica disponibile ad una altitudine di circa 10.000 m (250 millibar).

Muovendo verso il suolo, la velocità del vento e la sua energia diminuiscono: a 80 metri dal suolo (altezza dei rotori della ultima generazione di torri eoliche), la velocità media del vento è stimata a 4,6 metri al secondo (m/s), non sufficiente per uno sfruttamento industriale. A 10 metri è pari a 3,3 m/s.

Ma il vento d'alta quota non è solo più veloce: soffia anche per un numero di ore molto maggiore, in modo più costante e con minori variazioni di direzione.

Abbandonare il suolo e raggiungere il vento in quota è molto vantaggioso già a 800 m, dove la velocità media del vento è stimata a 7,2 m/s. La potenza specifica risultante è quasi 4 volte quella a disposizione delle torri eoliche e così anche per la disponibilità annuale.



| Altezza dal suolo | Velocità del vento | Potenza specifica del vento |
|-------------------|--------------------|-----------------------------|
| 2000 m | 10 m/s | 600 W/m ² |
| 800 m | 7,2 m/s | 205 W/m² |
| 80 m | 4,6 m/s | 58 W/m ² |
| 10 m | 3,3 m/s | 22 W/m ² |

In media, 800 m sopra la propria verticale, ogni punto della superficie terrestre ha notevoli quantità di energia eolica da sfruttare, mentre a 80 metri (altezza operativa delle torri eoliche) occorre una accurata e severa selezione dei siti favorevoli.

Il vento in quota rimane fuori dalla portata delle attuali e future torri eoliche, che già raggiungono altezze di più di 100 metri: sopra una certa altezza la struttura che sostiene i rotori diventa esponenzialmente più pesante, instabile e soprattutto estremamente costosa.



Né la maggior disponibilità di vento a bassa quota che caratterizza il mare aperto rende economicamente vantaggioso l'impiego delle torri tradizionali. Infatti allontanandosi dalla costa il fondale marino si fa di norma più profondo e l'installazione delle torri eoliche, anche in considerazione dell'elevato momento ribaltante che le caratterizza e della conseguente necessità di sistemi di ancoraggio molto resistenti, diventa particolarmente complessa e costosa.

4. KiteGen®: un radicale cambio di prospettiva

Per raggiungere e sfruttare il vento in quota, KiteGen® offre un radicale cambio di prospettiva: non più macchine pesanti e statiche, ma leggere dinamiche e intelligenti.

In aria, a sottrarre energia dal vento, profili alari di potenza, grandi ali semi-rigide ad alta efficienza aerodinamica, pilotate automaticamente. A terra, tutti i macchinari pesanti per la produzione di energia. A connettere i due sistemi, cavi ad alta resistenza che trasmettono la trazione delle ali e allo stesso tempo ne controllano direzione e angolo al vento. Le ali sono ancorate ad una struttura a livello del suolo, che trasforma l'energia del vento in energia elettrica.



Questa struttura può assumere diverse configurazioni, in relazione alla soluzione tecnologica adottata:

1. Generatore KiteGen® Stem *onshore*
2. Generatore KiteGen® Stem *offshore*
3. Generatore KiteGen® Stem *onshore/offshore* in modalità “Wind farm”
4. Generatore KiteGen® navale
5. Generatore KiteGen® “Carousel” *onshore*
6. Generatore KiteGen® “Carousel” *offshore*

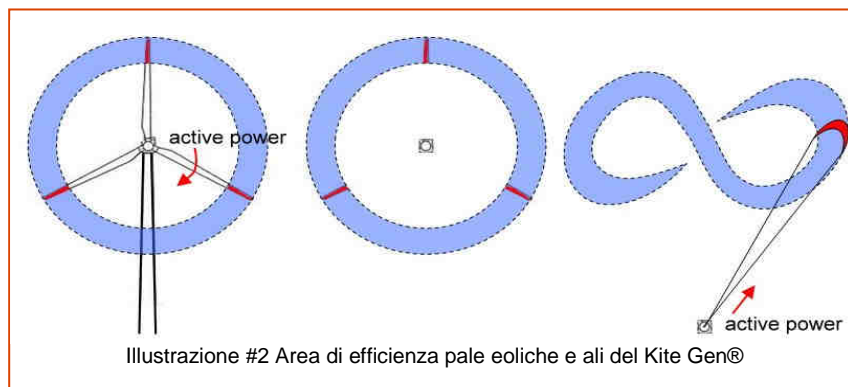
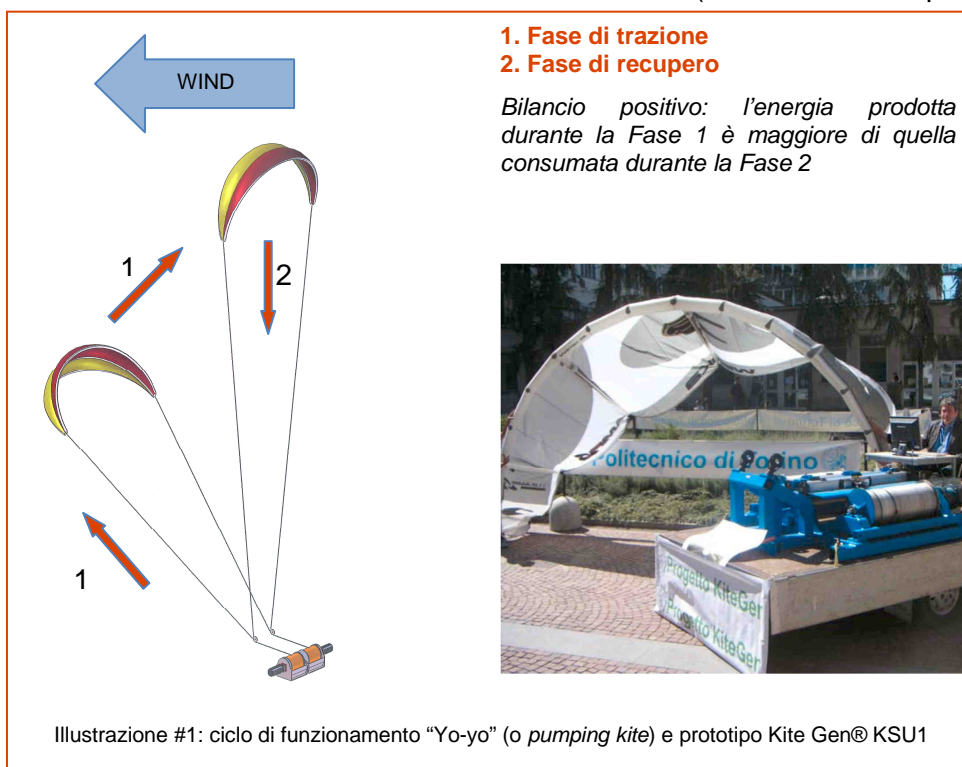
4.1. Generatore KiteGen® Stem *onshore*

Nel 2006 è stato costruito un primo prototipo (vedi illustrazione #1), nome in codice KSU1, che è stato testato fino a un'altezza di 800 m con l'autorizzazione dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) e dell'ENAV (Ente Nazionale Assistenza al Volo). In questa prima configurazione gli attuatori elettrici che manovrano i cavi sono fissi rispetto al suolo.

Le ali esercitano trazione sui cavi che, a loro volta, fanno funzionare gli alternatori posizionati a terra che generano elettricità. Quando i cavi sono interamente srotolati le ali vengono guidate in una posizione che offre una minima resistenza al vento ed i cavi vengono riavvolti. Il consumo di energia di questa fase è pari a una frazione minima dell'energia prodotta nella fase di srotolamento. E' compito del sistema di controllo automatico garantire che tali operazioni vengano fatte in modo da ottimizzare la produzione di energia.

Il cervello del progetto è infatti il software che, elaborando i dati raccolti dai sensori avionici montati a bordo delle ali, ottimizza in tempo reale le traiettorie di volo delle stesse al fine di massimizzare la produzione di energia.

Il cervello del progetto è infatti il software che, elaborando i dati raccolti dai sensori avionici montati a bordo delle ali, ottimizza in tempo reale le traiettorie di volo delle stesse al fine di massimizzare la produzione di energia.



Un dato rilevante è la maggiore efficienza delle ali rispetto alle pale eoliche, poiché l'intero profilo alare vola a velocità di 70 - 80 m/s, raggiunte nelle torri eoliche solo all'estremità delle pale. Un impianto KiteGen® è in sostanza composto solo da ali e generatore, quest'ultimo convenientemente posizionato al suolo.

Oltre a confermare i dati teorici, il prototipo ha già prodotto energia grazie a un ciclo intermittente di trazione e recupero: 5 kW di media e 30 kW di picco con un vento a terra di 4,5 m/s, ha quindi dimostrato la bontà del concetto e la sua applicabilità, trasformando l'energia del vento a ca. 1000 metri di quota in energia elettrica

Con la fine della fase prototipale è iniziata la fase di produzione della pre-serie industriale, che dovrebbe portare entro la fine del 2011 all'installazione e messa in funzione dei primi generatori KiteGen® da 3 MW di potenza nominale.



Foto #3: Generatore KiteGen® Stem On-shore da 3 MW, in costruzione a Sommariva Perno (ITA – Dic 2010)

4.2. Generatore KiteGen® Stem offshore

In alto mare la disponibilità di vento è in generale superiore, sia in termini di forza che di costanza, rispetto alle aree terrestri o costiere, sia a bassa che ad alta quota. Ciò nonostante l'installazione di torri eoliche tradizionali su piattaforme off-shore è impresa ardua, a causa dell'elevato momento ribaltante che le torri generano durante il loro funzionamento.

Diverse soluzioni sono state proposte, da diversi attori, per sfruttare il vento di alto mare, ciò nonostante, a causa delle enormi difficoltà tecnologiche e dei costi elevati, esiste un solo prototipo attualmente funzionante (*Blue H*).

KiteGen® offre un diverso e nuovo concetto di funzionamento che permette di superare questo problema. Le sue caratteristiche lo rendono infatti particolarmente adatto alle applicazioni *offshore*. La posizione del generatore, molto vicino al suolo (nella applicazioni *offshore* rappresentato dal ponte della piattaforma) ed il punto in cui agiscono i carichi massimi di funzionamento (rappresentato dalla trazione meccanica esercitata dai cavi), sostanzialmente coincidente con il generatore, riducono enormemente il costo delle infrastrutture.

Il tutto richiede sistemi di galleggiamento e di ancoraggio molto più semplici e leggeri di quelli



Illustrazione #4: Generatore Kite Gen® Stem offshore

richiesti dalle torri tradizionali: KiteGen® ingaggia una specie di tiro alla fune con il vento, per sottrarre la massima energia, mentre le torri tradizionali effettuano un violento braccio di ferro con gli elementi...

4.3. Generatore KiteGen® Stem onshore o offshore in modalità Wind farm

Il generatore KiteGen® costituisce il modulo base di soluzioni in grado di assicurare una elevata scalabilità dell'impianto. La configurazione "Wind Farm" consiste di una serie di generatori raggruppati in uno spazio delimitato, in modo da moltiplicare la produzione di energia per singolo luogo di produzione. Ciò è possibile sia sulla terra che sul mare, con significative economie anche di tipo organizzativo e gestionale.

La distribuzione spaziale delle torri eoliche tradizionali richiedono infatti tipicamente una separazione tra le stesse pari a 8-9 volte il diametro del rotore, al fine di non ridurre l'efficienza a causa delle turbolenze generate. Il KiteGen® utilizza invece una terza dimensione (l'altezza) e, anche grazie al sistema integrato di controllo elettronico, può separare lo spazio di volo degli aquiloni, in modo da farli lavorare sempre su un fronte di vento indisturbato in uno spazio molto più ridotto.

I generatori possono essere posizionati ad una distanza di circa 100 metri gli uni agli altri, installando, nello stesso spazio richiesto dai generatori tradizionali, una potenza nominale 4 volte superiore.

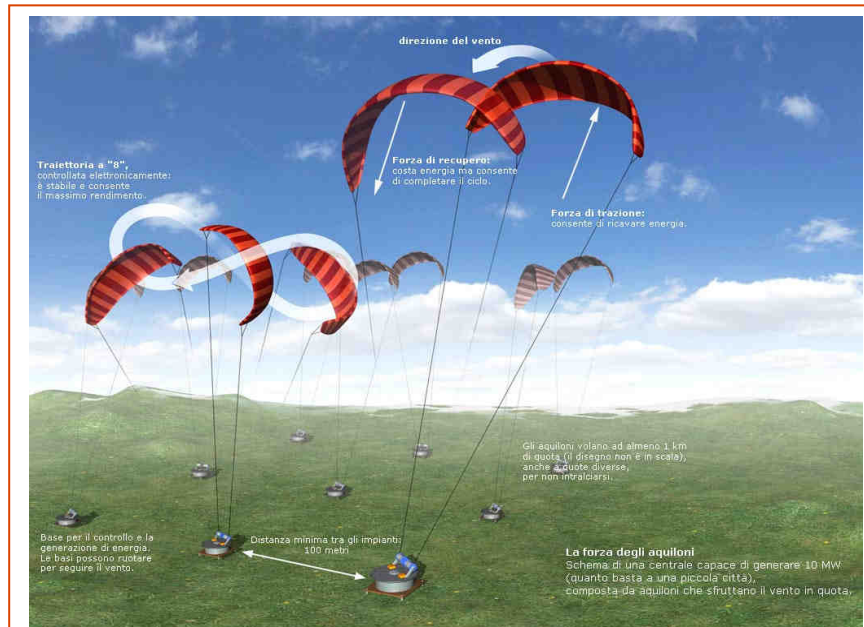


Illustrazione #5: Generatore Kite Gen® in modalità Wind farm

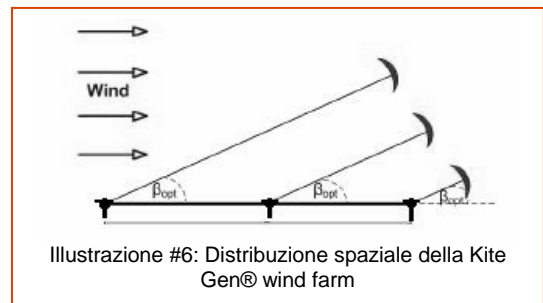


Illustrazione #6: Distribuzione spaziale della Kite Gen® wind farm

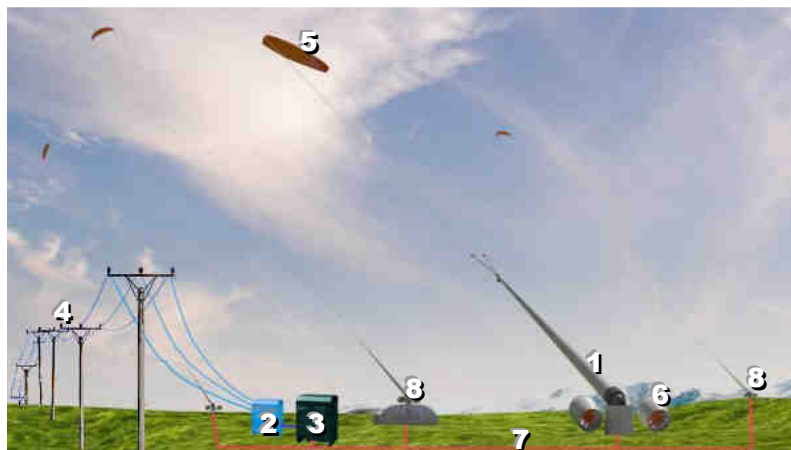
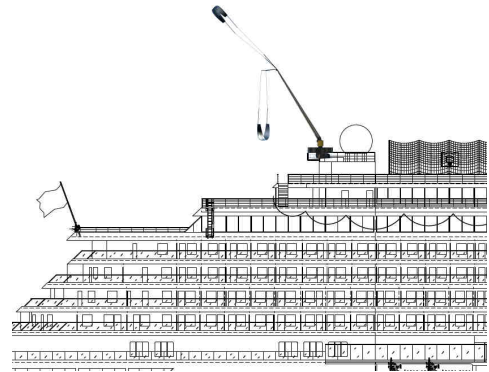


Illustrazione #6: Wind farm completa di sistemi di decollo e ritiro automatici

1. Generatore Kite Gen® 1MW
altezza 25m
2. Convertitore statico
3. Accumulatore short round trip
4. linea elettrica VHV
5. Kite in volo con radio datalink
6. Sistema Decollo Assistito (energia richiesta <2kWh/lancio)
7. Bus DC 600V (1600A x Tower)
8. Kite Gen® wind farm

4.4. Generatore KiteGen® navale

Soluzione sperimentale che consiste nell'installazione di un generatore KiteGen® a bordo di navi di grandi dimensioni, per la fornitura di energia elettrica sia per l'alimentazione dei servizi di bordo, principali ed ausiliari, sia per la propulsione nel caso di navi con motori elettrici, con potenziali funzionalità accessorie in relazione alla possibilità di coadiuvare le manovre della nave per mezzo del pilotaggio manuale delle ali del KiteGen®. Applicazione KiteGen® attualmente in fase di sviluppo nel quadro di un progetto (KitVes) cofinanziato dal 7° Programma Quadro per la ricerca dell'Unione europea.



4.5. Generatore KiteGen® "Carousel" onshore

Si tratta di una soluzione tecnologica mette sostanzialmente in serie più generatori KiteGen®, considerati come "modulo base" della configurazione a carosello, in cui la forza trasmessa dai cavi viene mantenuta costante, la lunghezza varia solo per il controllo delle ali e per la scelta della traiettoria ottimale.

Mentre le ali volano a un altezza di 800-1.000 metri dal suolo, l'intera struttura si muove trascinata dalle ali lungo un percorso circolare sulla base statorica, e l'energia è generata da questo movimento relativo. A regime, il volo dell'intero insieme di ali è guidato in maniera da far ruotare il "carosello" alla velocità desiderata.



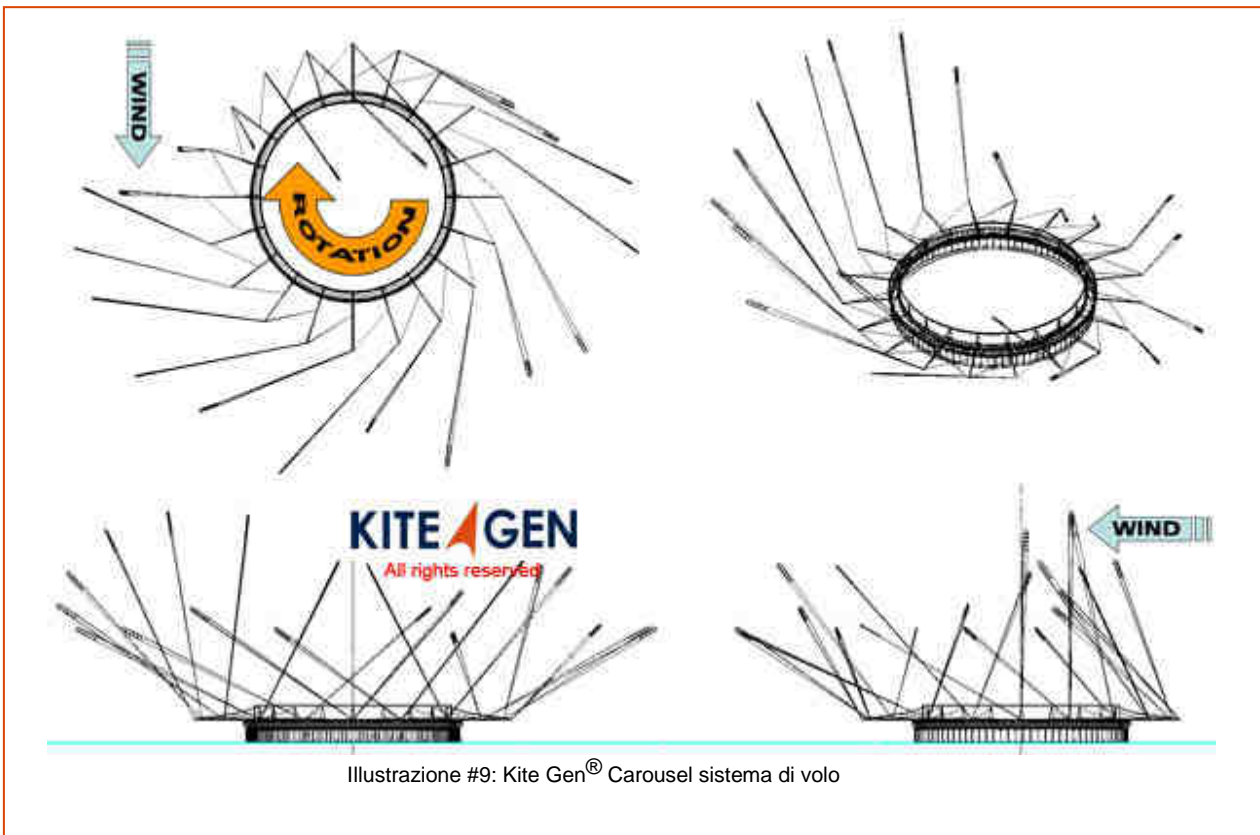
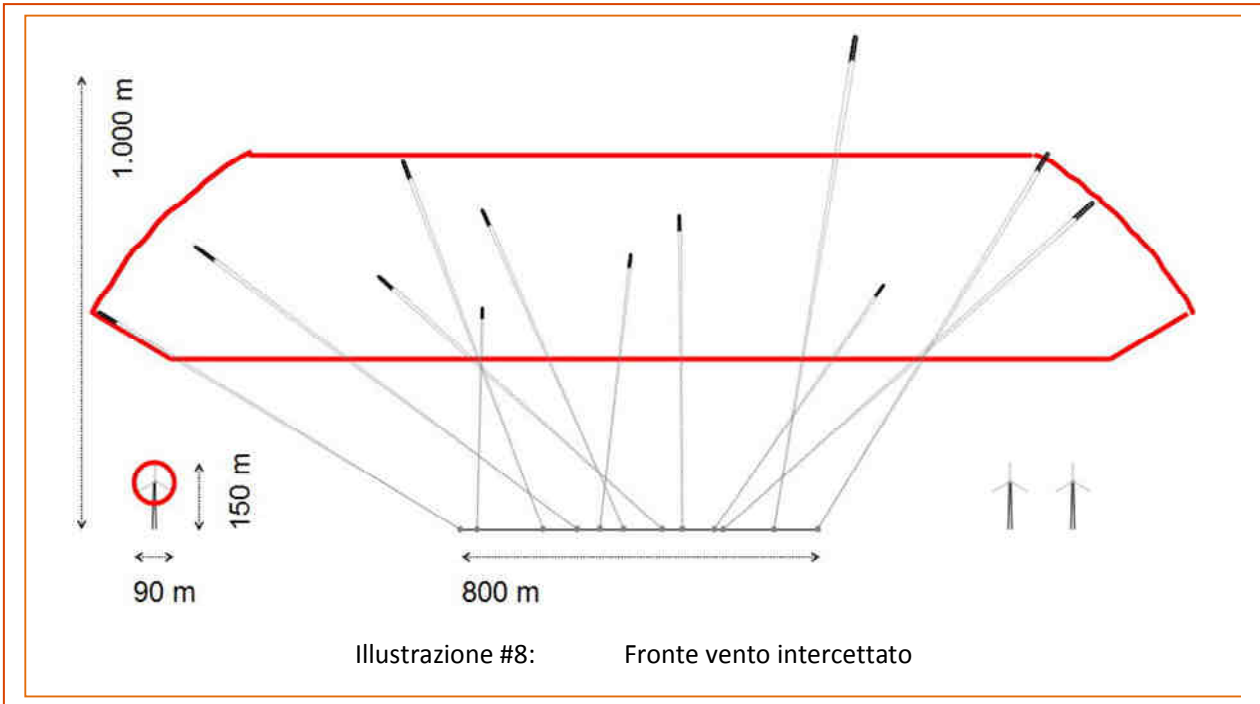
Illustrazione #7: Disegno d'artista (fuori scala: ridotta altezza delle ali e aumentato il diametro dei cavi)

Man mano che il diametro del percorso circolare a terra aumenta, l'ammontare di energia catturato dal fronte vento cresce al quadrato. Il risultato è poi ulteriormente accresciuto dalla maggiore altezza di volo dei profili, quindi dai venti più forti con cui entrano in contatto.

La massima taglia raggiungibile è oggetto di studio, ma da valutazioni iniziali appare possibile eccedere i 1.000 MW (1 GW) senza significativi rischi strutturali, con un diametro di circa 1.600 m.

Questa configurazione porta con sé un significativo ulteriore vantaggio: il fronte vento intercettato (l'area delimitata da linee rosse nell'illustrazione #8), equivalente all'energia disponibile, è centinaia di volte più grande (circa 150 volte in questo confronto fra un torre eolica di ultima generazione e un impianto KiteGen® Carousel di 800 m di diametro).

Nel percorso effettuato dalle vele nella configurazione a carosello è necessaria una porzione di navigazione controvento al fine di completare il ciclo (vedi illustrazione #9).



A conforto delle pregresse e positive analisi di fattibilità, si può evidenziare la capacità degli aquiloni di risalire il vento, come risulta dalla illustrazione #10, fotografia scattata durante una sessione di test di volo e generazione tenuta nelle vicinanze di Tortona con il prototipo KSU1. La bandierina dell'anemometro indica chiaramente la direzione del vento che, riferita alla posizione della vela, dovrebbe chiarire una delle dinamiche di volo richieste dalla configurazione a carosello che risultano, per esperienza, maggiormente anti-intuitive.

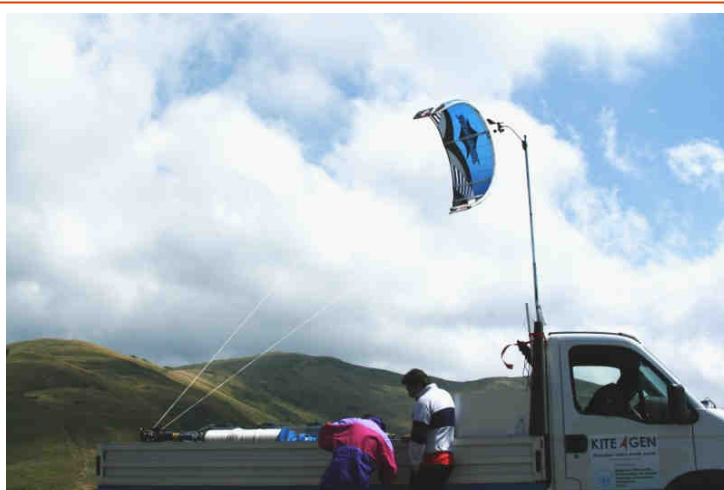


Illustrazione #10: Ala che "risale" il vento

4.6. Generatore KiteGen® "Carousel" offshore

Analogamente al generatore KiteGen® terrestre anche il Carousel trova una sua applicazione ideale in piattaforme off-shore. Il sistema non comporta infatti momenti ribaltanti e richiede modesti sistemi di ancoraggio, mentre gli ampi spazi marini disponibili rappresentano una soluzione ideale per il posizionamento dell'impianto.

Il Generatore KiteGen® Carousel Off-shore rappresenta l'ultima tappa dell'attuale Programma di lavoro di KGR per la realizzazione del progetto KiteGen®.

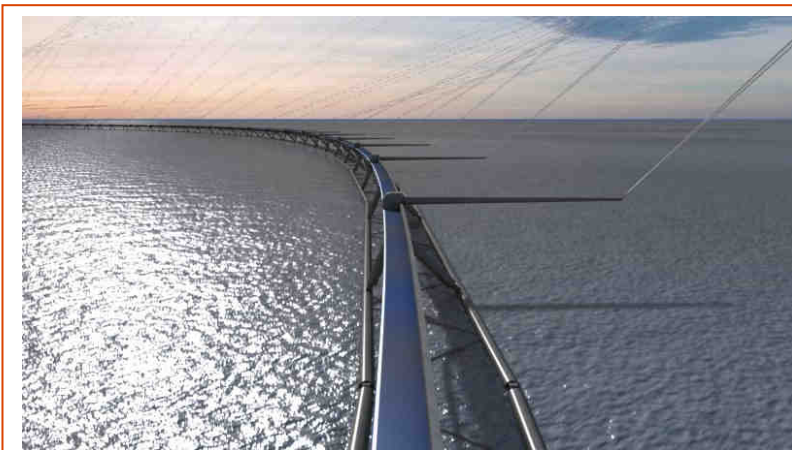


Illustrazione #11: Generatore KiteGen Carousel Off-shore

5. KiteGen® Research S.r.l.

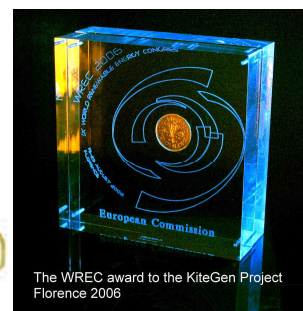
KiteGen® Research S.r.l. (KGR) è la società, fondata nel 2007, che costituisce lo "scricchio" della tecnologia KiteGen®. Il patrimonio di KGR è costituito essenzialmente da 12 brevetti, registrati in tutto il mondo, per la realizzazione dei generatori eolici d'alta quota. Il fondatore di KGR è Massimo Ippolito, autore del concetto originale ed esperto in meccatronica.

6. Riconoscimenti

KiteGen® ha avuto innumerevoli riconoscimenti, sia di tipo accademico sia in termini di finanziamenti per lo sviluppo della tecnologia ottenuti da Enti quali Regione Piemonte, Ministero dello Sviluppo Economico, Unione Europea:

- IMS-SIMON (EP26504)
- HIQU (EP6293)
- REMATTOVI (BES2-5513)
- MOSIN
- MEDECOTHER
- ELECTRIC-WASH (POP regionale)
- HYMM (NMP3-CT-2003-505206)
- ECOFIT(NMP2-CT-2005-013989)
- Bando Ricerca Scientifica Piemonte 2004
- FIT Energia MAP-IT DM16/5/2005
- FIT digitale MAP-IT DM28/7/2005
- EU – FP7-SST-2007-RTD-1

Da ultimo è stato consegnato dal Presidente della Repubblica a Lorenzo Fagiano del Politecnico di Torino l'**ENI Award 2010** per la tesi di dottorato sul progetto KiteGen, che è stato inoltre considerato, in occasione del **vertice di Copenhagen** sul clima del 2009, uno dei 20 progetti più innovativi in tema ambientale e selezionata dal Ministero dello Sviluppo Economico a rappresentare l'“Italia degli innovatori” presso l'**Expo di Shanghai 2010**.



7. Analisi economica

A un primo sguardo, la semplicità del concetto KiteGen® è sorprendente e persino romantico. Tutto diventa molto serio quando si compie una dettagliata valutazione dei costi dell'energia prodotta e li si paragona ai costi delle altre tecnologie esistenti.

7.1. Confronto dei costi

L'analisi finanziaria per una centrale KiteGen® Carousel da 100 MW con un ciclo di vita di 20 anni proietta un costo dell'energia prodotta inferiore a 30 € per MWh, con un IRR superiore al 60%, senza considerare i possibili ricavi aggiuntivi da schemi legati alla riduzione di gas serra e/o crediti per produzione di energia rinnovabile.

Risultato straordinario anche rispetto alla produzione da combustibili fossili (costo ca. 80 € per MWh) e enormemente più competitivo non solo rispetto al fotovoltaico (ca. 120-235 € per MWh *Fonte: U.S. Dept. of Energy - Annual Energy Outlook 2011*), ma anche rispetto all'eolico tradizionale (in media ca. 90-160 € per MWh *fonte: IEA – Projected cost of generating electricity, 2010*)

La gamma di prodotti KiteGen® ha le seguenti potenze nominali previste:

| Configurazione | Potenza nominale | |
|---------------------------------------|------------------|------------|
| | min | max |
| KiteGen® Stem terrestre | 3.000 kW | |
| KiteGen® Stem off-shore | 3.000 kW | |
| KiteGen® Stem in modalità “Wind farm” | 250 MW/kmq | |
| KiteGen® “Carousel” terrestre | 50 MW | 10.000 MW |
| KiteGen® “Carousel” off-shore | 50 MW | 60.000 MW* |

* Limite teorico della tecnologia KiteGen® Carousel

Anche le analisi finanziarie effettuate su impianti di produzione più piccoli (generatori KiteGen® Stem terrestri e off-shore, *wind farm*), dimostrano un'elevata competitività del sistema rendendolo comunque assai più competitivo di ogni altra forma di produzione energetica derivante da fonti rinnovabili o fossili. Si rimanda al riguardo al quadro sinottico della gamma KiteGen® riportata a pag. 14.

Una considerazione ambientale deve essere aggiunta: oltre a non rilasciare emissioni inquinanti o termiche, le centrali KiteGen® hanno anche una bassa occupazione di territorio, riducendo quindi fortemente l'impatto visivo e paesaggistico quando paragonate alle torri eoliche tradizionali.

7.2. Fattori di rischio: collisione con aeroplani

Una centrale KiteGen® deve ottenere dalle autorità competenti (di solito, l'autorità nazionale preposta all'aviazione civile) le necessarie restrizioni sullo spazio aereo soprastante, nel quale aerei e qualsiasi altro tipo di velivolo non devono poter entrare. E' questa la sola limitazione alla scalabilità (in basso) del modello. Tali aree ristrette hanno regole uniformi a livello internazionale e sono già concesse per altri tipi di installazioni civili (es. centrali nucleari, impianti industriali a carattere strategico). Una tipica area P (*Prohibited*), dove il volo è totalmente interdetto e il rischio tendenzialmente nullo, ha una altezza di 5.000 piedi dal suolo (1.524 m) e un raggio di almeno 1 miglio nautico (1.852 m); il cilindro risultante ha quindi un volume di 16,4 km³ e conterrebbe agevolmente un KiteGen® Carousel di grandi dimensioni o una wind farm.

7.3. Mercato

La prima linea di prodotto, di cui è cominciata la fase di realizzazione della pre-serie, è costituita da una versione migliorata del prototipo industriale. Seguirà il completamento del concetto a carosello. Entrambe le configurazioni, si stima che saranno più economiche dell'eolico tradizionale e soprattutto del fossile, senza necessitare di localizzazioni speciali con vento al suolo adatto e sufficiente.

Negli ultimi anni la nuova potenza annua installata nel mondo di eolico tradizionale è stata di ca. 35 GW (era 15 GW nel 2006). Vendere più di 100 (cento) generatori KiteGen® Stem da 3 MW rappresenterebbe un quota di mercato inferiore all'1%.

In parallelo la Ricerca & Sviluppo lavorerà a scalare verso l'alto i disegni e le soluzioni per una centrale KiteGen (con potenza nominale compresa tra da 100 MW a 5 GW), che competerà nel mercato molto più grande delle centrali a combustibili fossili.

In prospettiva, secondo le proiezioni effettuate con i dati attuali, l'eolico d'alta quota potrebbe sostituire i combustibili fossili nella produzione energetica ad una velocità molto superiore a quella che ha segnato, nel secolo scorso, il passaggio dal carbone al petrolio.











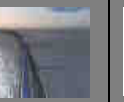


Foto #13: KiteGen® Stem On-shore da 3 MW, in costruzione a Sommariva Perno (ITA – Dic 2010)

8. Concorrenza

KiteGen® Stem è attualmente l'unica soluzione tecnica avanzata per lo sfruttamento dell'eolico troposferico. Esistono nel mondo altri progetti finalizzati ad esplorare questa opportunità (Magenn, Laddermill, SkySails, SkyWindPower, Briza, Makani Power), ma nessuno di essi ha raggiunto lo stesso stadio di avanzamento o prevede gli stessi risultati, anche in relazione al limite che tali progetti incontrano a causa della copertura brevettuale assicurata da KGR.

9. Gamma KiteGen®

Dati Impianto esemplificativi – Panoramica Gamma KiteGen®

| | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|-------------|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mobilegen | KG Navale | KG terrestre | KG Offshore | KG Farm | Carousel 50 | Carousel ARIA 100 | Carousel ARIA 200 | Carousel AQUA 1000 | Carousel 10 GW* | Carousel Off-shore 60 GW* |
| Potenza nominale | MW | 0.10 | 0.50 | 1-3 | 1-3 | 3 | 50 | 100 | 200 | 1.000 | 10.000 | 60.000 |
| Forza applicata | MN | 0.02 | 0.08 | 0,17-0,5 | 0,17-0,5 | 0.5 | 8.33 | 16.67 | 33 | 166.67 | 1.667 | 10.000 |
| Peso rotore/i | Tons | 1.00 | 25 | 20-60 | 20-60 | 60 | 5.000 | 10.000 | 20.000 | 100.000 | 833.333 | 4.000.000 |
| Peso Statore /i | Tons | | | | | | 7.500 | 15.000 | 30.000 | 150.000 | 1.250.000 | 6.000.000 |
| Peso Elettromeccanica | Tons | 0.40 | 1.00 | 1,3 - 4 | 1,4 – 4 | 4 | 200 | 400 | 800 | 4.000 | 40.000 | 240.000 |
| Quota operativa | Km | 1.00 | 1.00 | 1.00 – 2.00 | 1.00 – 2.00 | 2.00 | 0.75 | 0.90 | 1.09 | 1.86 | 6.67 | 10 |
| Diametro macchina | Km | NA | NA | NA | NA | NA | 1.13 | 1.34 | 1.64 | 2.79 | 10 | 25 |
| Numero moduli | N | NA | NA | NA | NA | NA | 44 | 52 | 64 | 120 | 400 | 1.000 |
| Potenza modulo | MW | NA | NA | NA | NA | NA | 1.20 | 2.00 | 3.00 | 9 | 25 | 60 |
| Costo statore | Meuro | 0,00 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 2.00 | 15 | 30 | 60 | 300 | 2.500 | 12.000 |
| Costo rotore | Meuro | | | | | | 10 | 20 | 40 | 200 | 1.666 | 8.000 |
| Costo elettromeccanica | Meuro | 0,01 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 4.00 | 8 | 16 | 80 | 800 | 4.800 |
| Altri costi | Meuro | 0,10 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 0 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Ingegnerizzazione | Meuro | 0,10 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0.10 | 0.50 | 1 | 2 | 10 | 100 | 600 |
| Totale COSTI | Meuro | 0,21 | 1,5 | 1,8 | 2,1 | 3 | 64.50 | 94 | 153 | 625 | 5.102 | 25.435 |
| Disponibilità | Ore/anno | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.400 | 5.500 | 3.000 | 4.000 | 5.000 | 7.000 | 7.000 | 7.500 |
| Energia | GWh/anno | 0,40 | 2,0 | 4,0-12,0 | 4,4 - 13,2 | 16,5 | 150 | 400 | 1.000 | 7.000 | 70.000 | 450.000 |
| Costi periodici | Meuro | 0,01 | 0,12 | 0,05-0,15 | 0,08 - 0,24 | 0,26 | 4,5 | 9 | 15,3 | 62,5 | 510,2 | 2.543,5 |
| Valore prod annuale | Meuro | 0,04 | 0,07 | 0,38-1,16 | 0,42 – 1,28 | 1,6 | 14,36 | 39,06 | 98,47 | 693,75 | 6.948,98 | 44.745,65 |
| Costo industriale MWh | euro | 70 | 60 | 60 – 50 | 60 - 50 | 38 | 47,30 | 26 | 16,83 | 9,82 | 8,02 | 6,22 |

* Simulazioni teoriche basate sulla scalabilità dell'impianto

10. Analisi Fattibilità KiteGen® Carousel ARIA100

| Condizioni del sito | | Stima |
|--|------------------|----------------------|
| Progetto | | KiteGen® ARIA100 |
| Esempio di ubicazione del progetto | | Margherita di Savoia |
| Fonte dati vento | | Velocità del vento |
| Località più vicina per dati meteo | | Brindisi |
| Densità di potenza eolica annuale | W/m ² | 362 |
| Altezza della densità di potenza eolica | m | 50 |
| Velocità del vento media annuale | m/s | 4,4 |
| Altezza di misurazione del vento | m | 6,0 |
| Esponente <i>wind shear</i> (cambio improvviso di direzione) | - | 0,10 |
| Velocità del vento a 10 m | m/s | 4,6 |
| Pressione atmosferica media | kPa | 101,6 |
| Temperatura media annuale | °C | 17 |

| Caratteristiche Sistema | | Stima |
|---|------------------|----------------|
| Tipo di rete | - | Grid connected |
| Carico di picco | kW | 100.000 |
| Potenza KiteGen® di targa | kW | 100.000 |
| Velocità del vento a 50 m | m/s | 6,8 |
| Altezza hub | m | 700.0 |
| Velocità del vento ad altezza operativa | m/s | 7,1 |
| Densità di potenza eolica ad altezza operativa | W/m ² | 397 |
| Livello di penetrazione del vento | % | 100.0% |
| Tasso (rate) di assorbimento energia eolica | % | 93% |
| Perdite associate ai treni di kites | % | 3% |
| Perdite per depositi e/o formazione di ghiaccio sui profili alari | % | 2% |
| Altre perdite per downtime (fermo-macchina) | % | 2% |
| Perdite varie | % | 3% |

| Produzione Annuale di Energia | | Stima |
|---|--------------------|-------------|
| Capacità impianto eolico | kW | 100.000.000 |
| Capacità impianto eolico | MW | 100.000 |
| Produzione di energia non regolata | MWh | 554.537 |
| Coefficiente di regolazione della pressione | - | 1,00 |
| Coefficiente di regolazione della temperatura | - | 0,99 |
| Produzione lorda di energia | MWh | 548.992 |
| Coefficiente delle perdite | - | 0,90 |
| Resa specifica | kWh/m ² | 496 |
| Fattore di capacità dell'impianto eolico | % | 57% |
| Energia rinnovabile raccolta | MWh | 496.091 |
| Energia rinnovabile trasferita | MWh | 496.091 |
| | GJ | 1.785.929 |

| Caratteristiche Turbina Eolica | | Stima | Note/Intervallo |
|---------------------------------|----|---------|-----------------|
| Potenza turbina eolica di targa | kW | 100.000 | |

| | | | |
|---------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Altezza media | m | 700 | |
| Area spazzata | m ² | 1.000.000 | |
| Produttore turbina eolica | | Sequoia Automation S.r.l. | |
| Modello turbina eolica | | ARIA 100 | |
| Fonte dati curva energia | | Standard | Distribuzione eolica di Weibull |
| Fattore di forma | | 2,0 | |
| Fattore di forma | | 2,1 | Da 1,0 a 3,0 |

Dati di Produzione Turbina Eolica

| Vento (m/s) | Curva di potenza (kW) | Curva di energia (MWh/an) |
|-------------|-----------------------|---------------------------|
| 0 | 0,0 | - |
| 1 | 250,0 | - |
| 2 | 2,000,0 | - |
| 3 | 6,750,0 | 107,565,5 |
| 4 | 16,000,0 | 225,088,5 |
| 5 | 31,250,0 | 349,396,9 |
| 6 | 54,000,0 | 456,019,0 |
| 7 | 85,750,0 | 539,284,9 |
| 8 | 100,000,0 | 600,293,6 |
| 9 | 100,000,0 | 640,932,2 |
| 10 | 100,000,0 | 663,157,0 |
| 11 | 100,000,0 | 669,456,0 |
| 12 | 100,000,0 | 662,853,3 |

| Vento (m/s) | Curva di potenza (kW) | Curva di energia (MWh/an) |
|-------------|-----------------------|---------------------------|
| 13 | 100,000,0 | 646,525,3 |
| 14 | 100,000,0 | 623,408,9 |
| 15 | 100,000,0 | 595,973,8 |
| 16 | 100,000,0 | - |
| 17 | 100,000,0 | - |
| 18 | 100,000,0 | - |
| 19 | 100,000,0 | - |
| 20 | 100,000,0 | - |
| 21 | 100,000,0 | - |
| 22 | 100,000,0 | - |
| 23 | 100,000,0 | - |
| 24 | 100,000,0 | - |
| 25 | 50,000,0 | - |

Power and Energy Curves

▲ Power ■ Energy

