



## **Eolico di alta quota**

Massimo Ippolito - Gian Mauro Maneia  
Sequoia Automation Srl



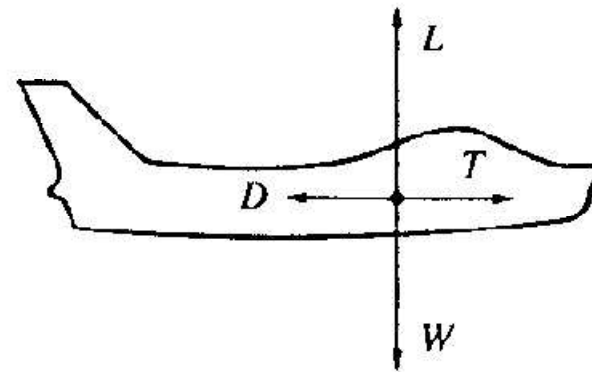


**KITE**  **GEN**

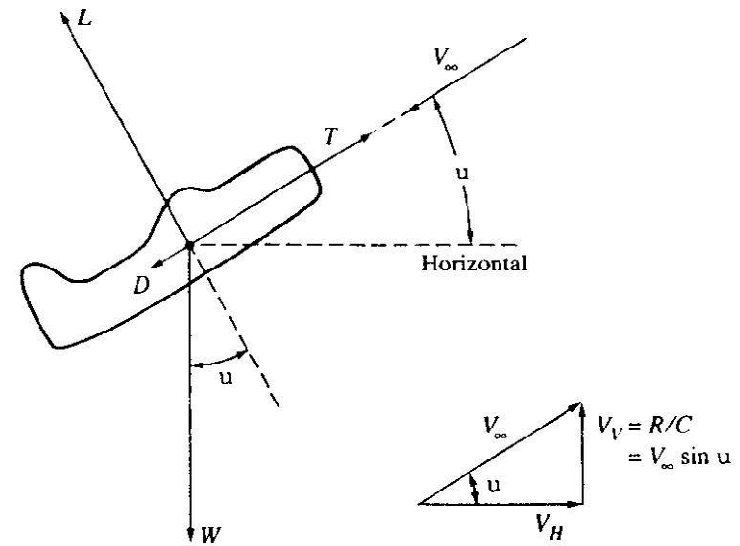
# Breve introduzione al volo



# Leggerezza



# Potenza

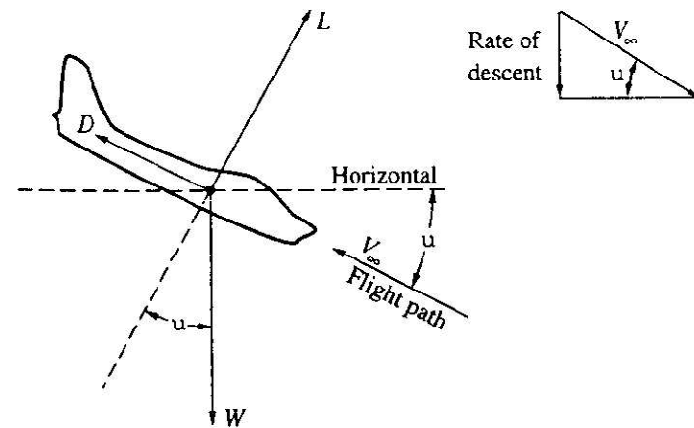


# Efficienza aerodinamica

## Volo planato



$$\tan \theta_{\min} = \frac{1}{(L/D)_{\max}}$$



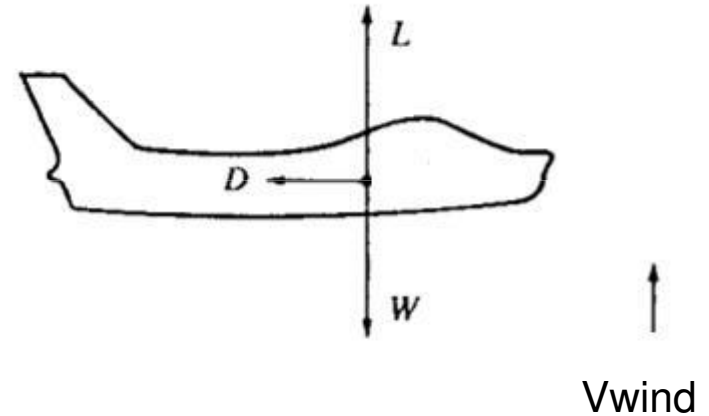


# Effetto del vento

## Volo librato

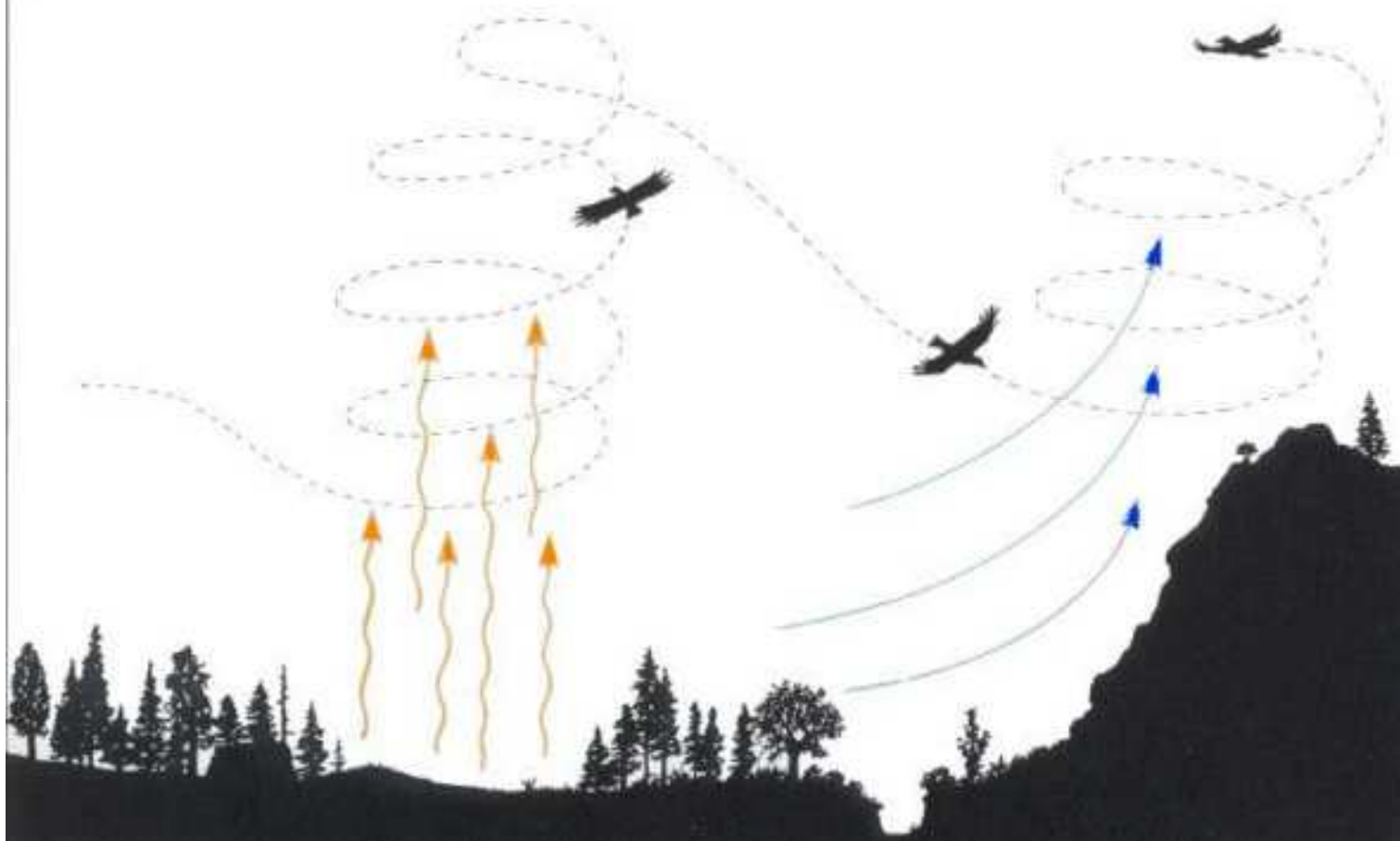


*Gabbiano*





# Soaring Flight

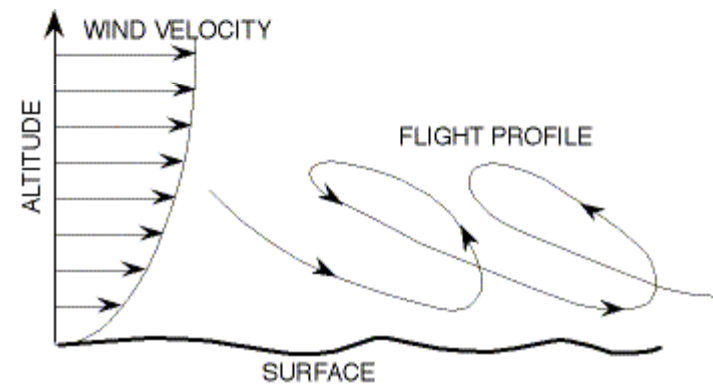


# Effetto dello strato limite terrestre

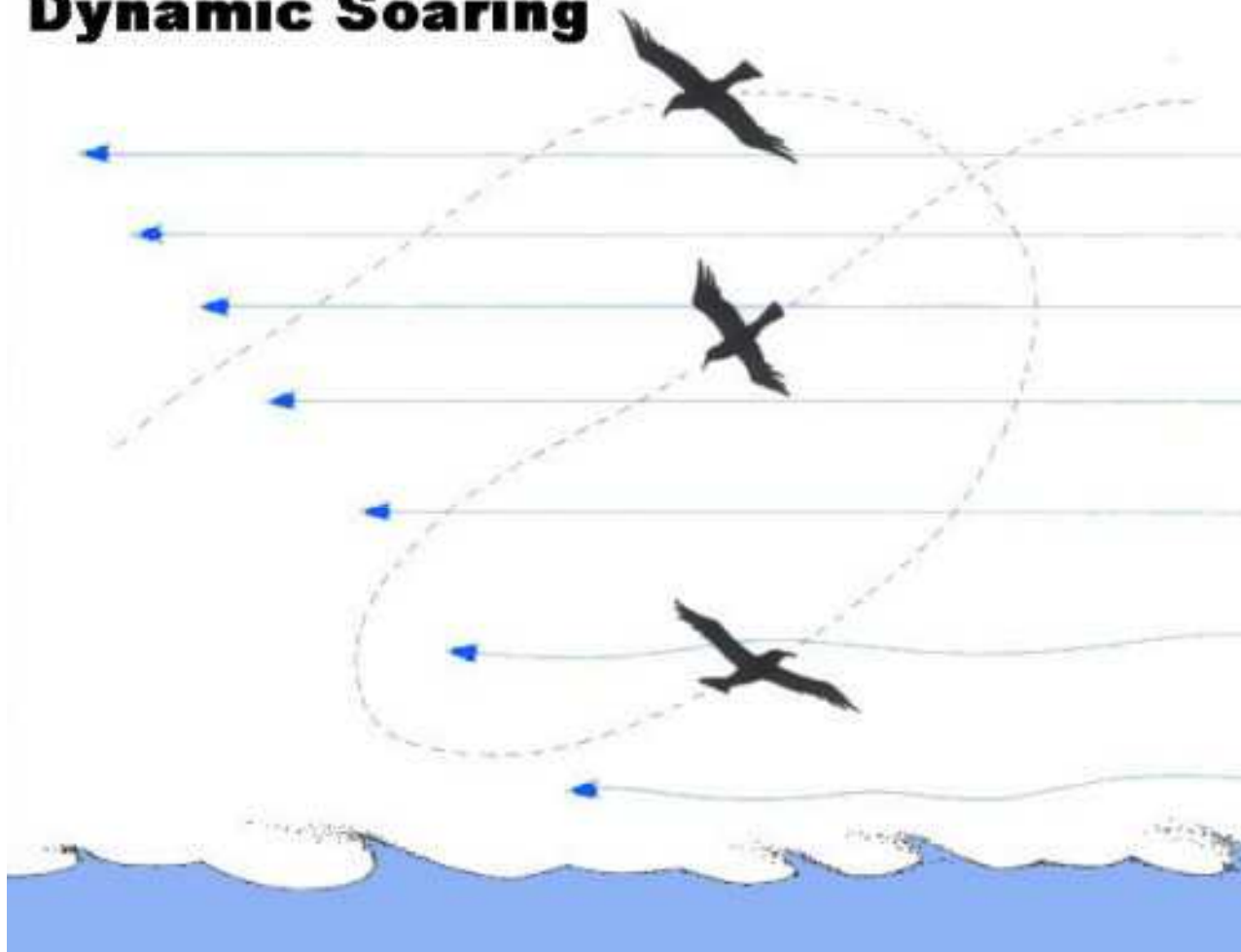
## Volo librato dinamico



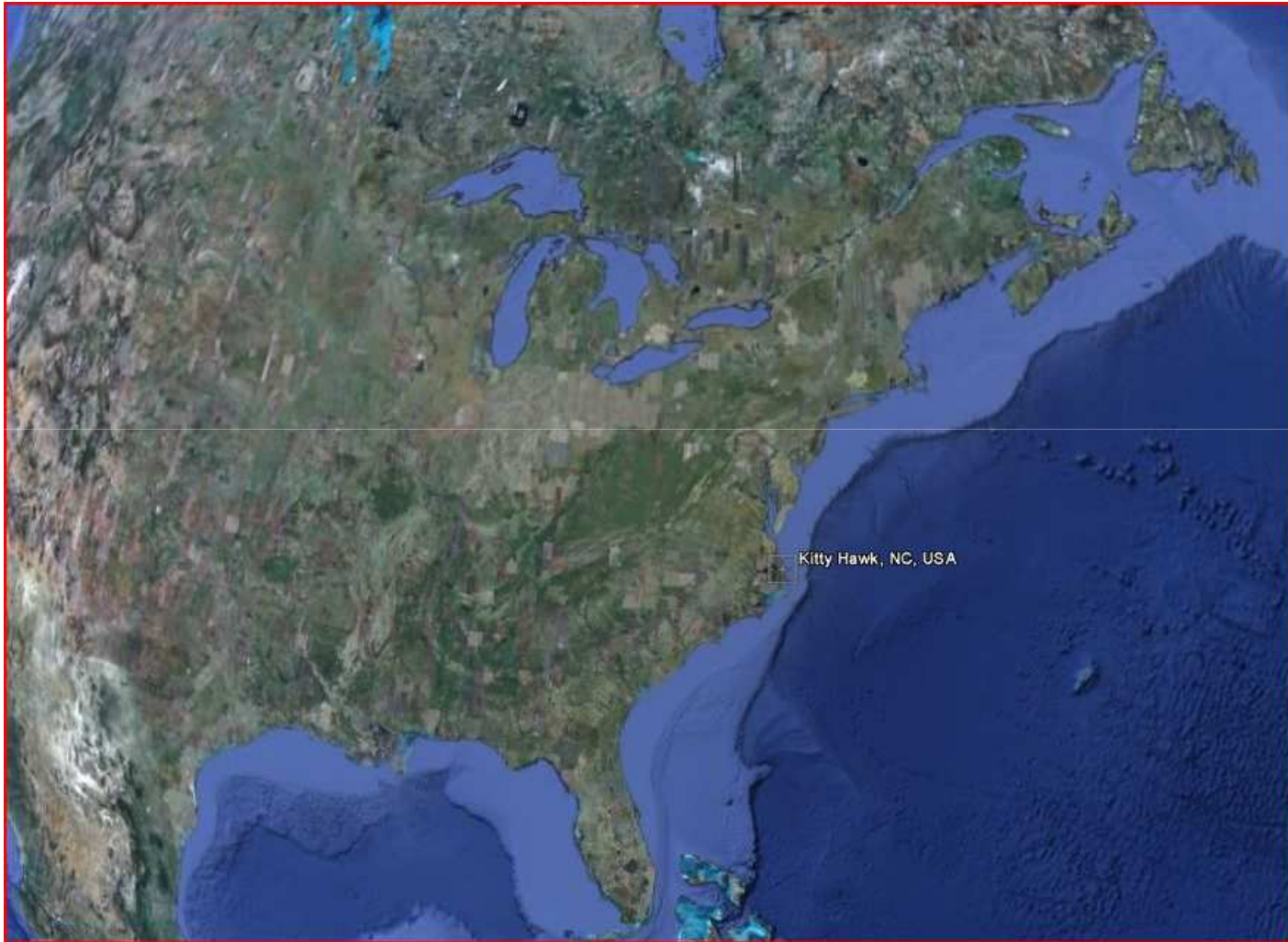
*Cormorano*

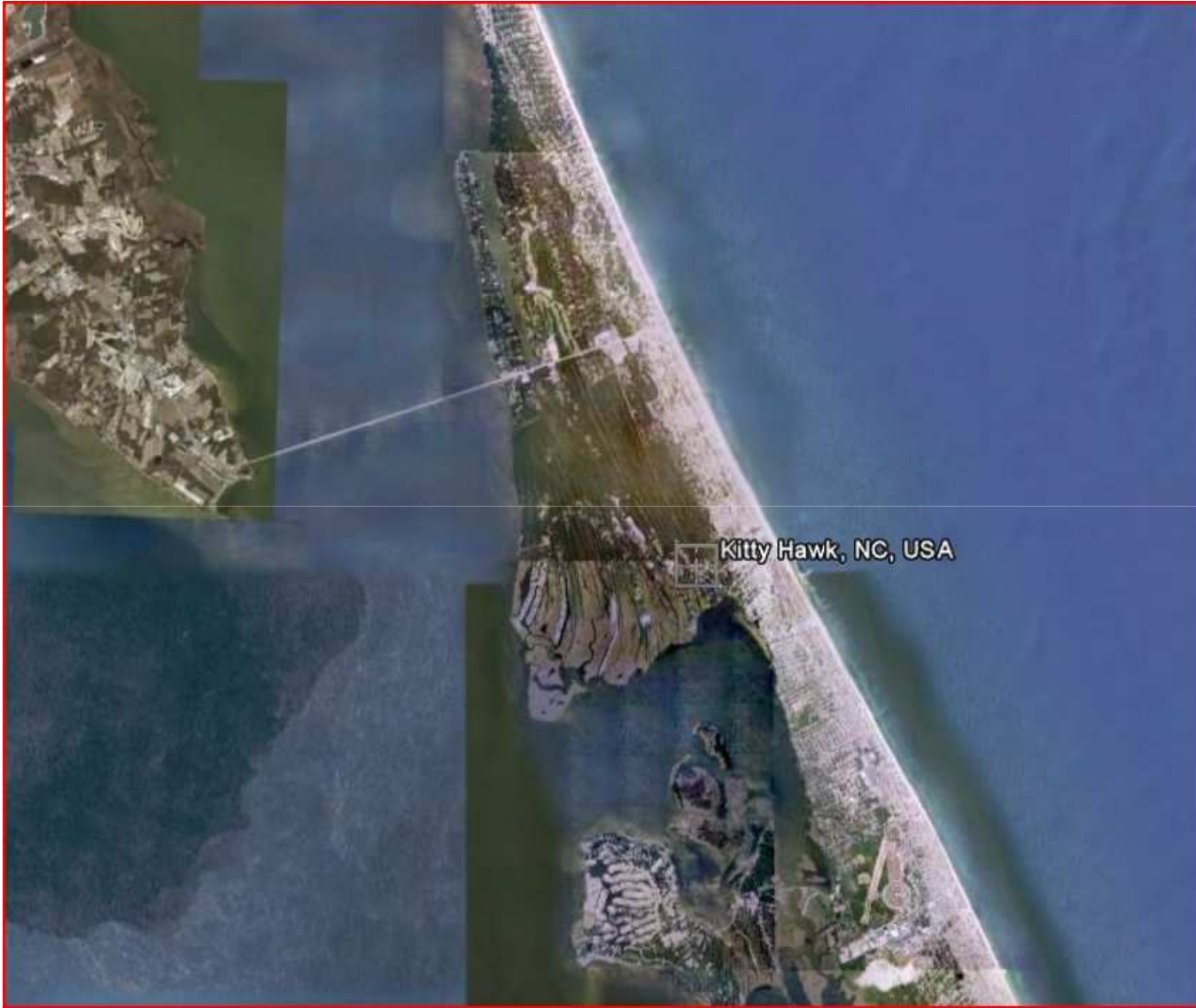


## Dynamic Soaring

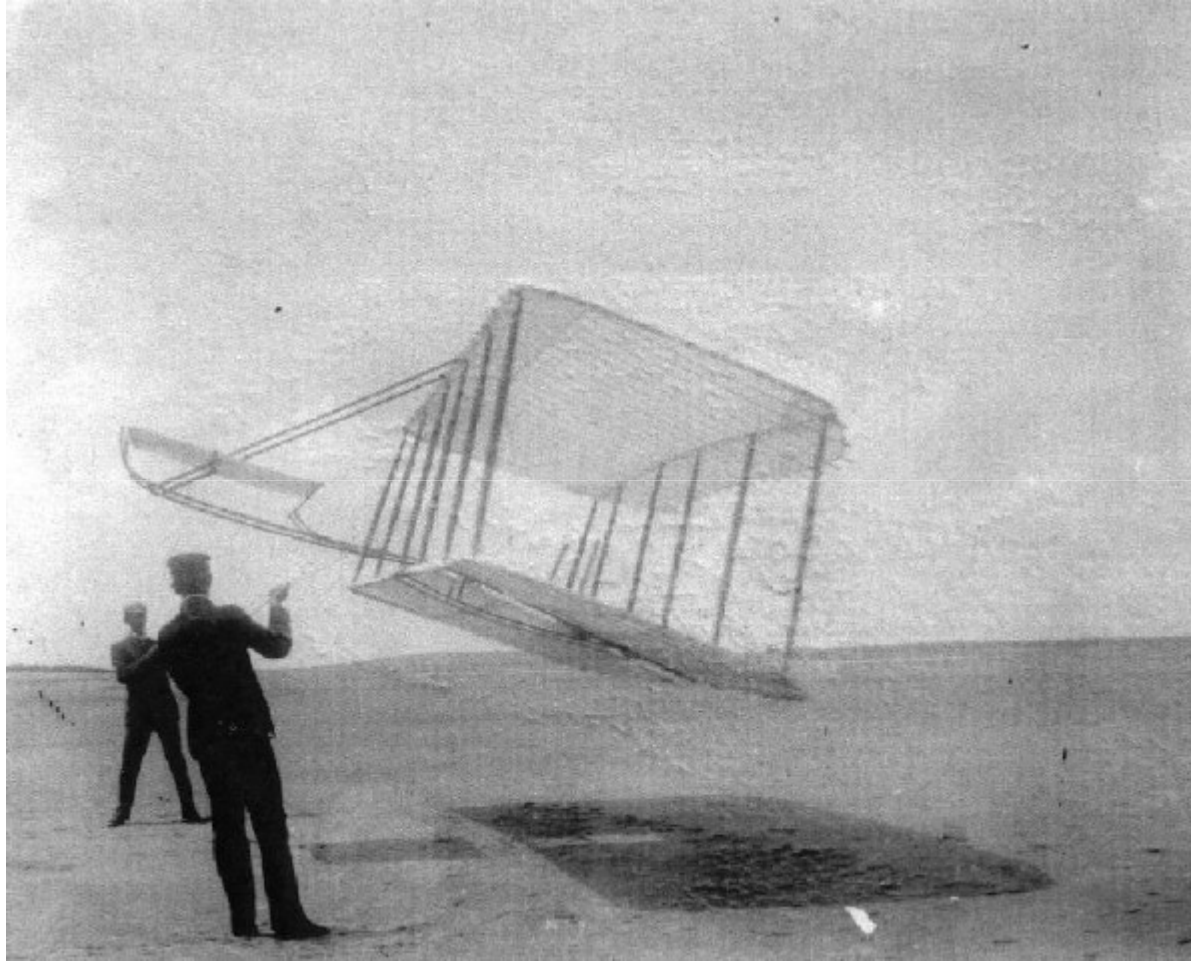


# Kitty Hawk, NC, USA 1899









**KITE GEN**



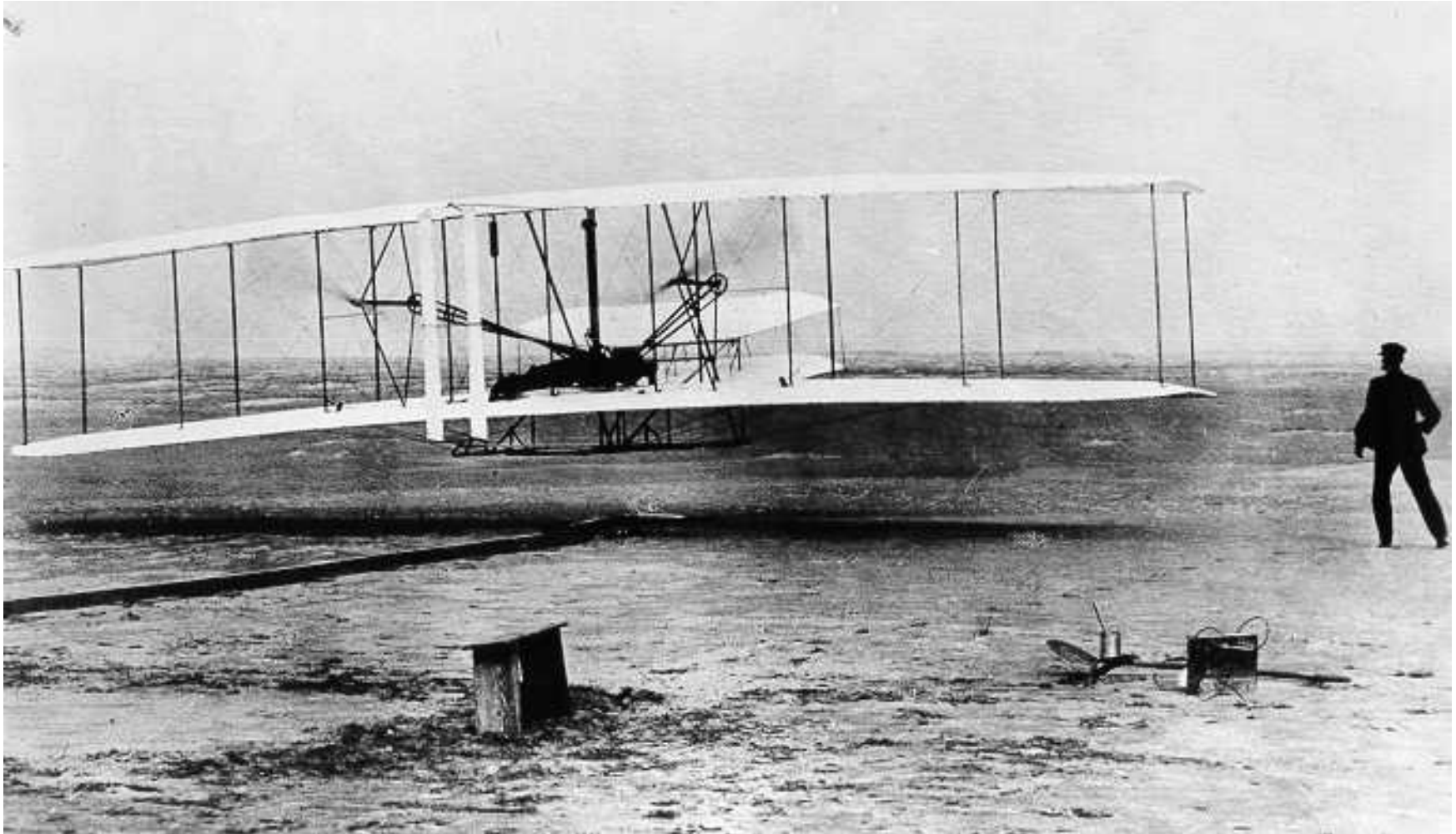
*Orville Wright*



*Wilbur Wright*



17 dicembre 1903



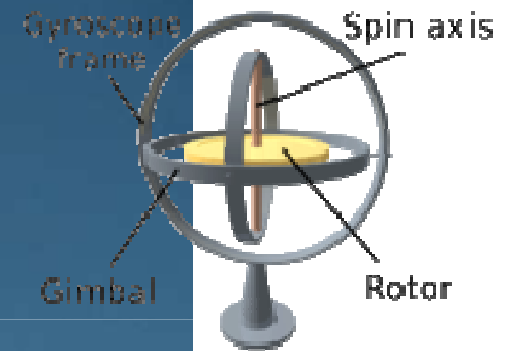


*Airbus A380*

# UAV ( *Unmanned Aerial Vehicle* )



# UAV ( *Unmanned Aerial Vehicle* )

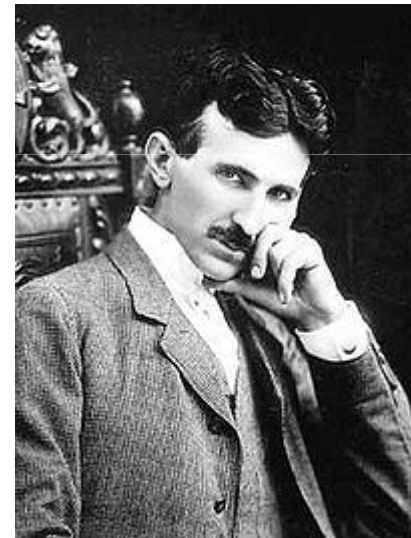




*Michael Faraday*



*Galileo Ferraris*



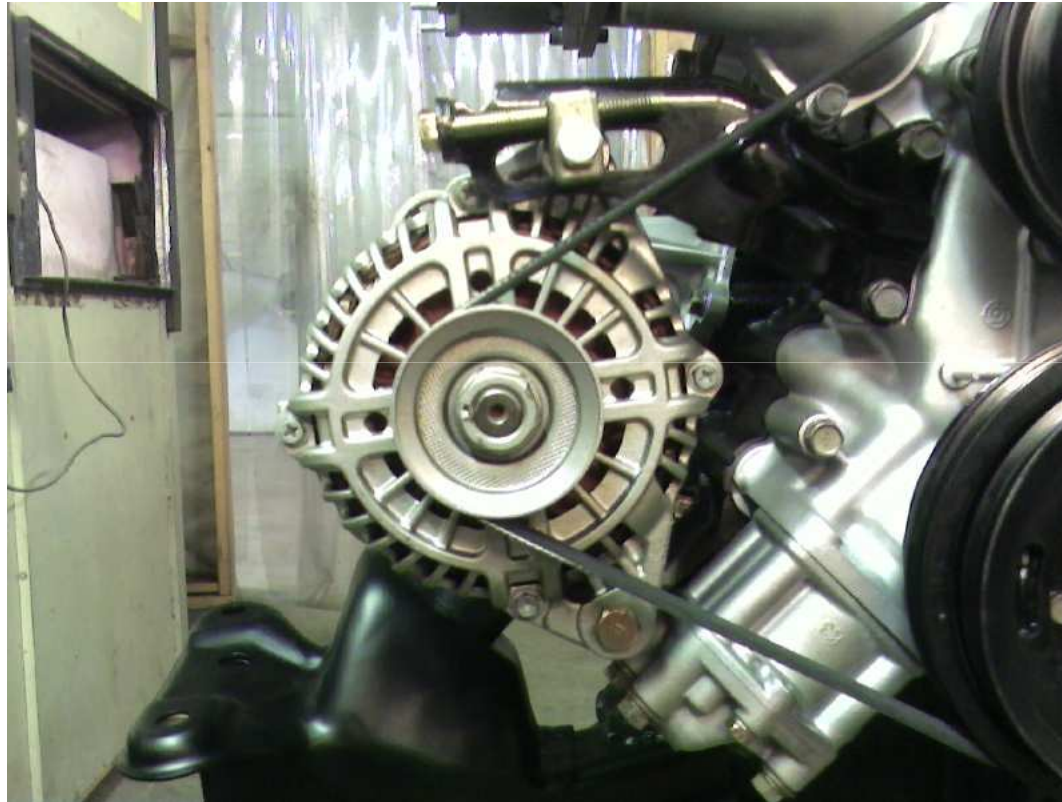
*Nikola Tesla*



# Dinamo e Alternatori

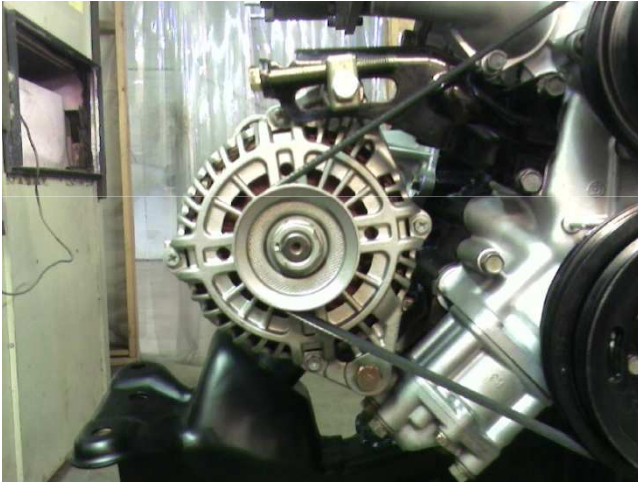


# Alternatore automobilistico e cinghia di trasmissione

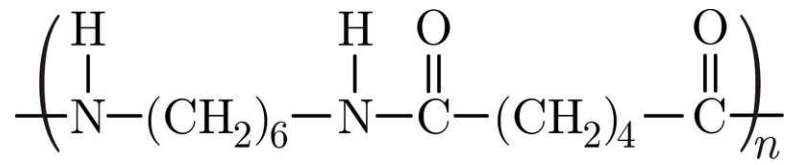




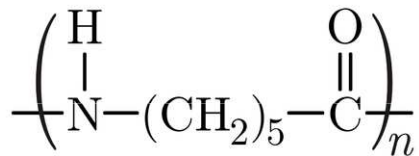
# Alternatore automobilistico e cinghia di trasmissione



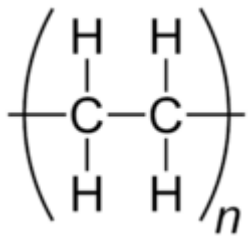
# Chimica delle fibre



**Nylon 66**

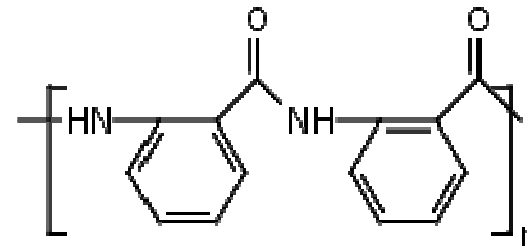


**Nylon 6**



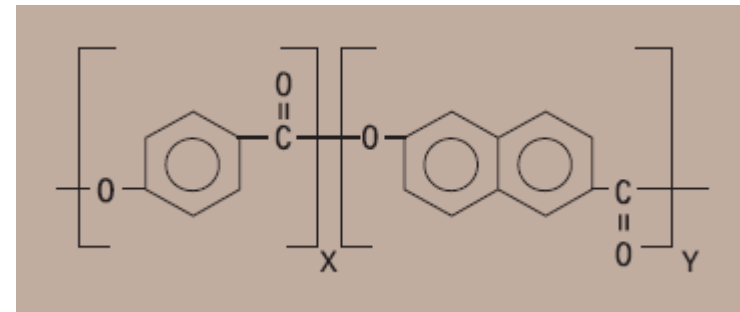
**Dyneema®**

(Polietilene alto modulo)



**Nomex®**

(famiglia aramidi)



**Vectran® LCP**

# Fettuccia in Dyneema®



**KITE GEN**

# Cavo in HMPE

INCH	MM	LBS/100 FT	KG/100M	AVERAGE STRENGTH LBS	AVG STRENGTH KG	MIN STRENGTH LBS	MIN STRENGTH KG	EN919 METRIC TONNES
7/64	2.5	0.3	0.45	1,600	730	1,400	650	0.73
1/8	3	0.5	0.74	2,500	1,100	2,300	1,000	1.1
5/32	4	0.75	1.1	4,000	1,800	3,600	1,600	1.8
3/16	5	1.0	1.5	5,400	2,400	4,900	2,200	2.4
1/4	6	1.6	2.4	8,600	3,900	7,700	3,500	3.9
5/16	8	2.7	4.0	13,700	6,200	12,300	5,600	6.2
3/8	9	3.6	5.4	19,600	8,900	17,600	8,000	8.9
7/16	11	4.2	6.2	23,900	10,800	21,500	9,800	10.8
1/2	12	6.4	9.5	34,000	15,400	30,600	13,900	15.4
9/16	14	7.9	11.8	40,500	18,400	36,500	16,500	18.4
5/8	16	10.2	15.2	52,800	24,000	47,500	21,600	24.0

# Prototipo KSU1 40 kW

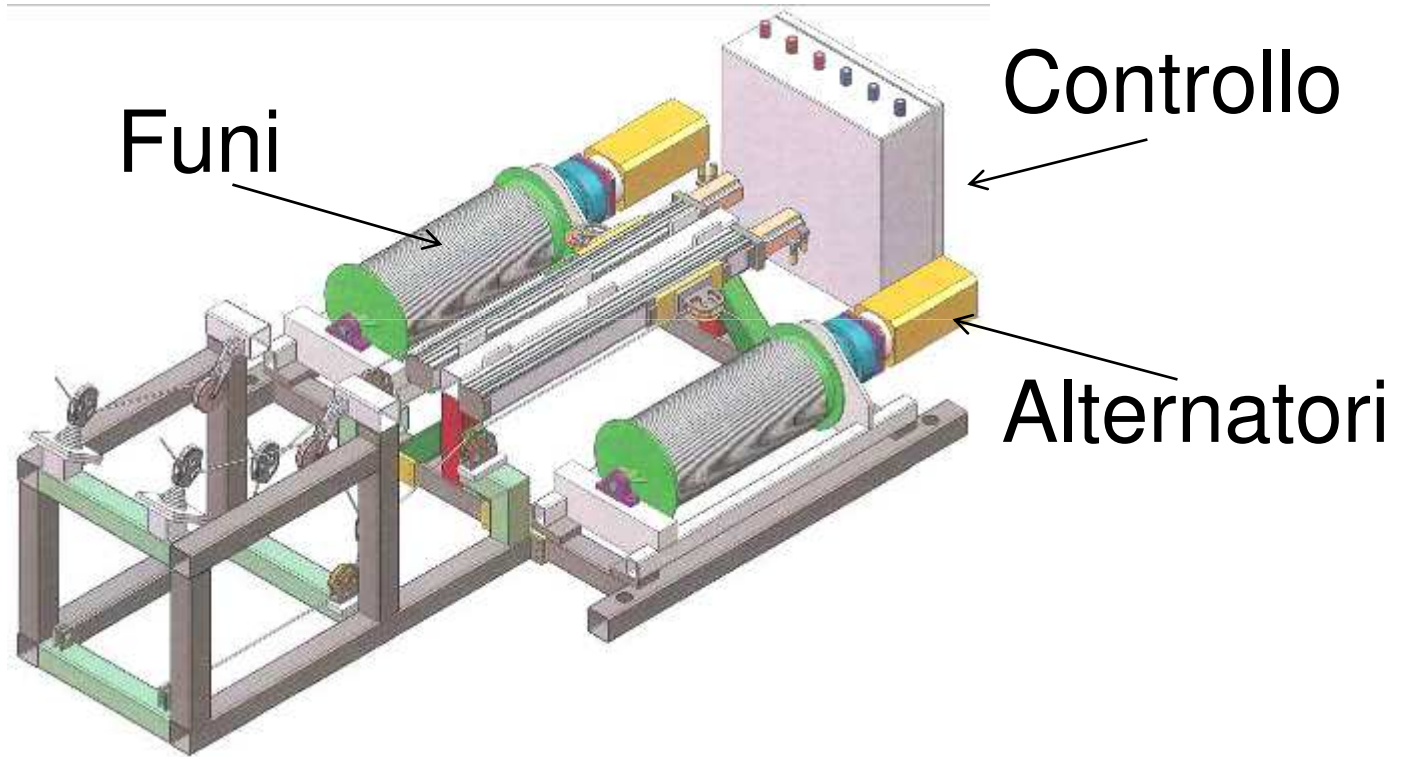




# Kite Gen KSU1

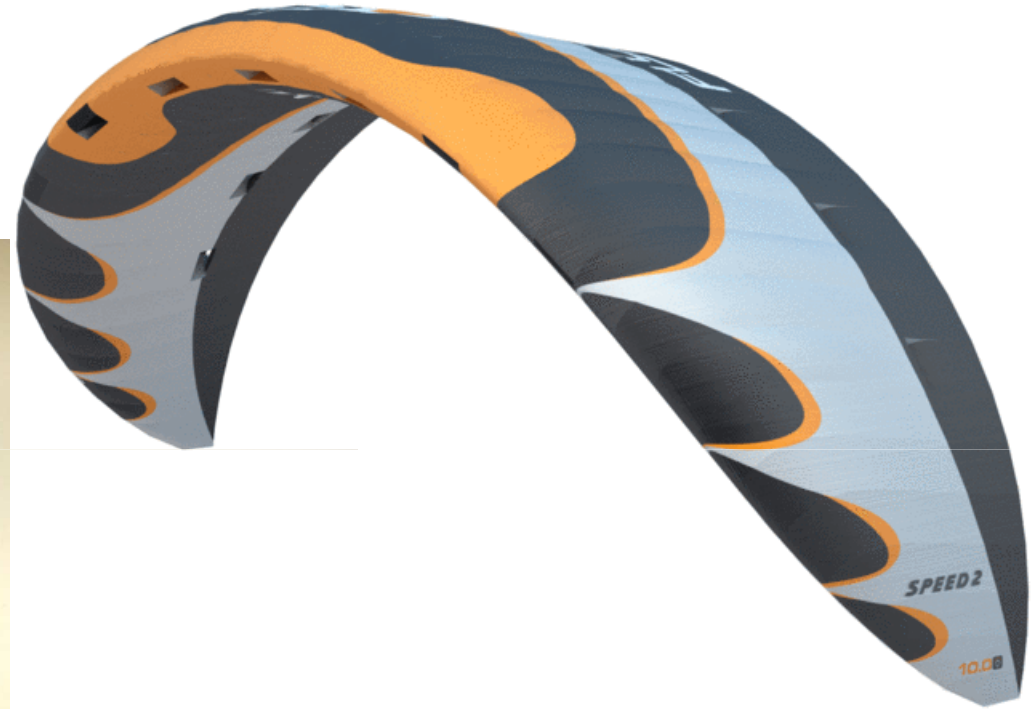
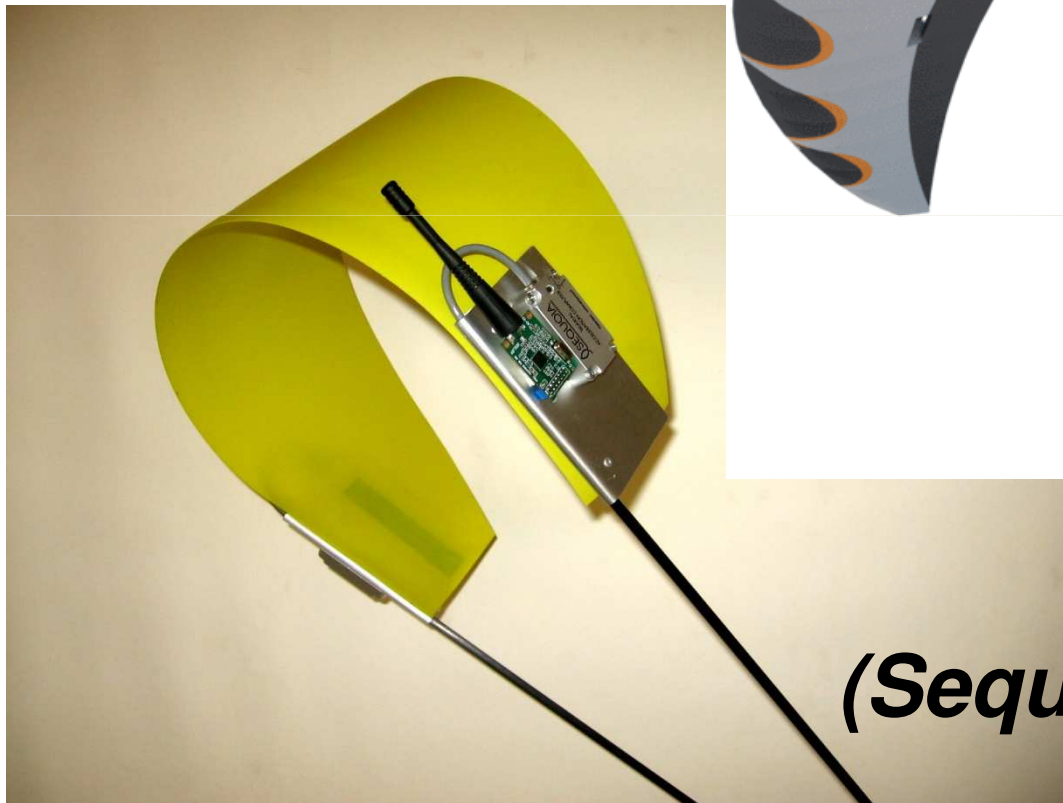


# Kite Gen KSU1





# Kite ( *Aquilone* ) e avionica



**“Aquilotto”**  
**(*Sequoia Automation*)**

# Test Sardegna

# Il progetto KiteGen®

**Kite** = aquilone, **Gen** = generatore

- Un concetto radicalmente nuovo per la generazione di energia, in grado di competere con le attuali centrali a combustibili fossili
- Utilizza una fonte rinnovabile ad oggi non ancora sfruttata e disponibile ovunque:  
**il vento di alta quota**
- Grandi **aquiloni** pilotati automaticamente mettono in rotazione un generatore elettrico posizionato al suolo

# I benefici del KiteGen®

- **Fonte rinnovabile e senza emissioni GHG**
- **Fonte energetica non marginale**
- **Costo competitivo dell'energia elettrica prodotta** rispetto alla generazione da fonti fossili
- **Maggior disponibilità di siti di installazione**
- **Minimo impatto** su territorio e avifauna.
- **Nessuna implicazione geopolitica** dell'energia
- **Rilancio della filiera eolica in Italia.**

# La potenza del vento troposferico

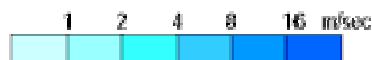
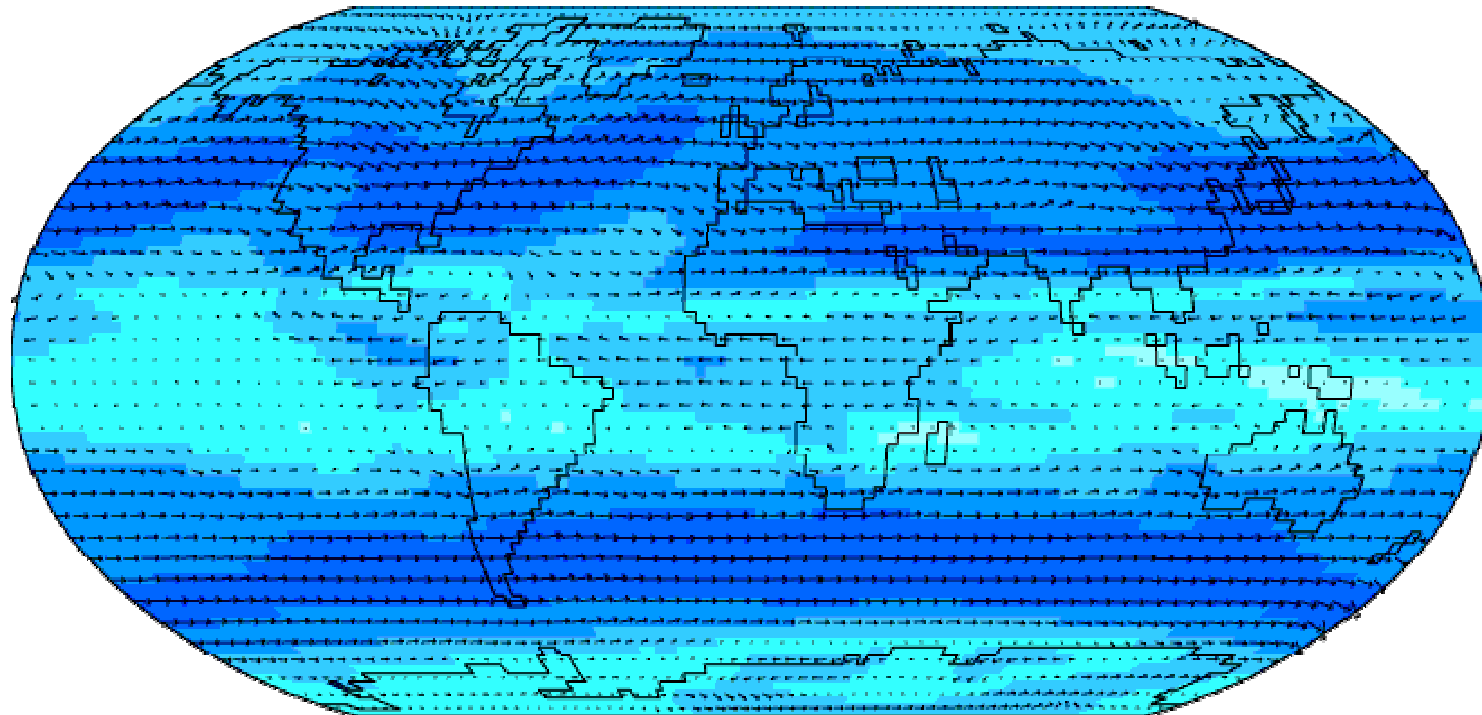
- L'atmosfera della Terra è un immenso collettore solare e trasforma una parte del calore in una nobile energia meccanica: IL VENTO.

Radiazione solare intercettata dal pianeta terra	150.000 TW
Vento troposferico fino a 10 km di quota	3.500 TW
Vento fino a 150 m di altezza a.g.l.	14 TW
Fabbisogno primario umanità	14 TW

# La velocità del vento a circa 5 km di altezza la potenza è una funzione cubica della velocità del vento

Wind Velocity Magnitudes at 500 mb Height with Wind Vectors

Dec



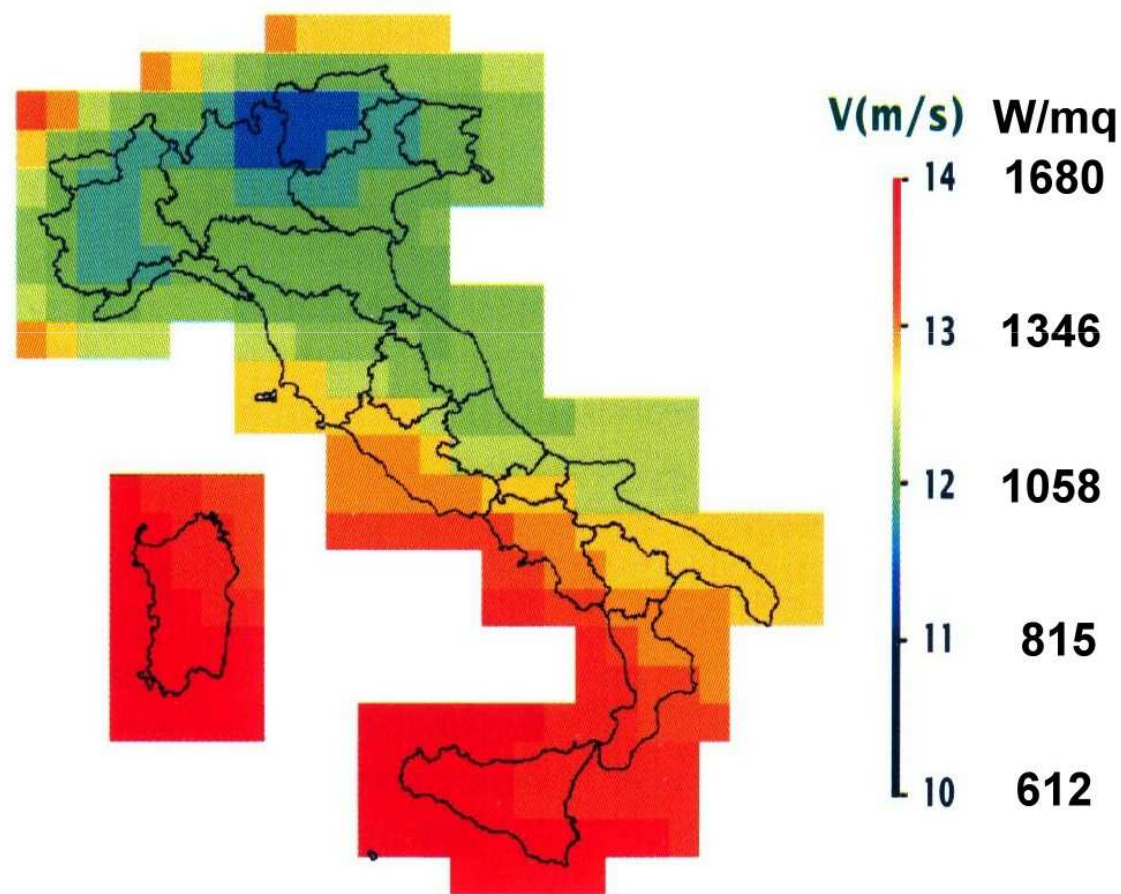
Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies  
Animation: Department of Geography, University of Oregon, March 2000



# Il vento di alta quota italiano

100 volte il fabbisogno energetico primario italiano

Mappa della velocità  
**media** del vento a  
5.000 metri s.l.m.  
calcolata dal centro  
meteorologico  
europeo  
(ECMWF)



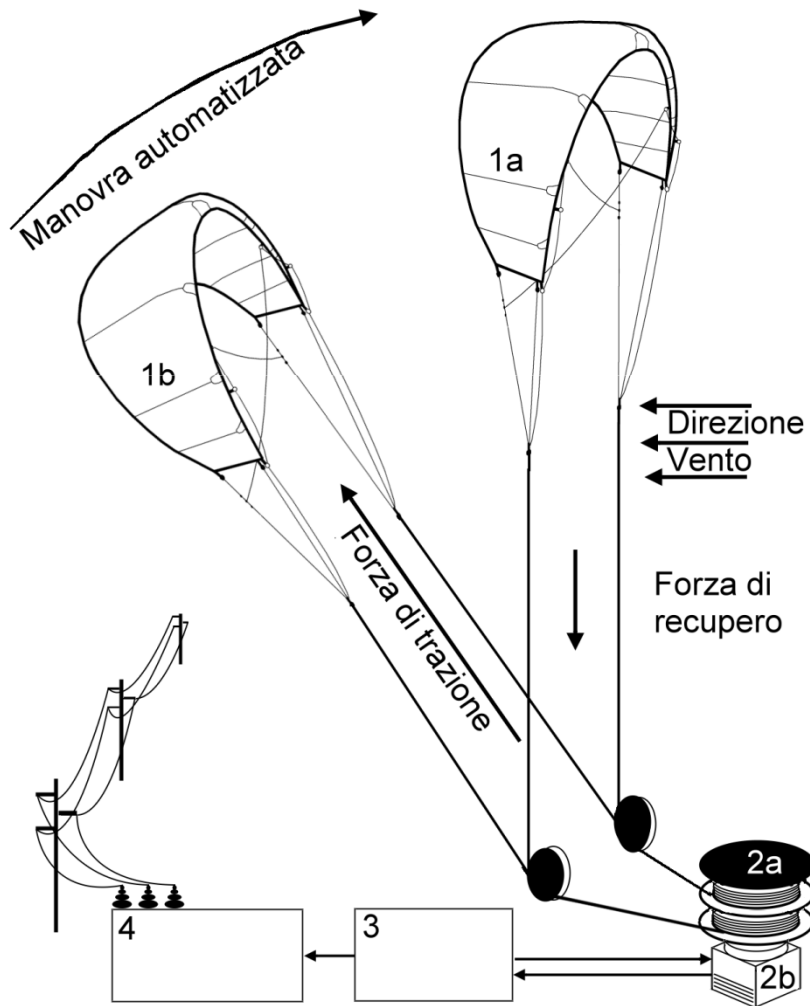
WIND ENERGY 2/2004

# Il vento in quota rispetto al suolo

- Salire in quota è già vantaggioso intorno agli 800 metri, dove il vento **medio** italiano è stimato a 7,2 m/s.
- La potenza specifica del vento a soli 800 metri è 4 volte quella a disposizione delle torri eoliche.

Altezza dal suolo	Velocità del vento	Potenza del vento
2000 m	10 m/s	600 W/m <sup>2</sup>
800 m	7,2 m/s	225 W/m <sup>2</sup>
80 m	4,6 m/s	58 W/m <sup>2</sup>
10 m	3,3 m/s	22 W/m <sup>2</sup>

# Funzionamento del generatore in configurazione YOYO

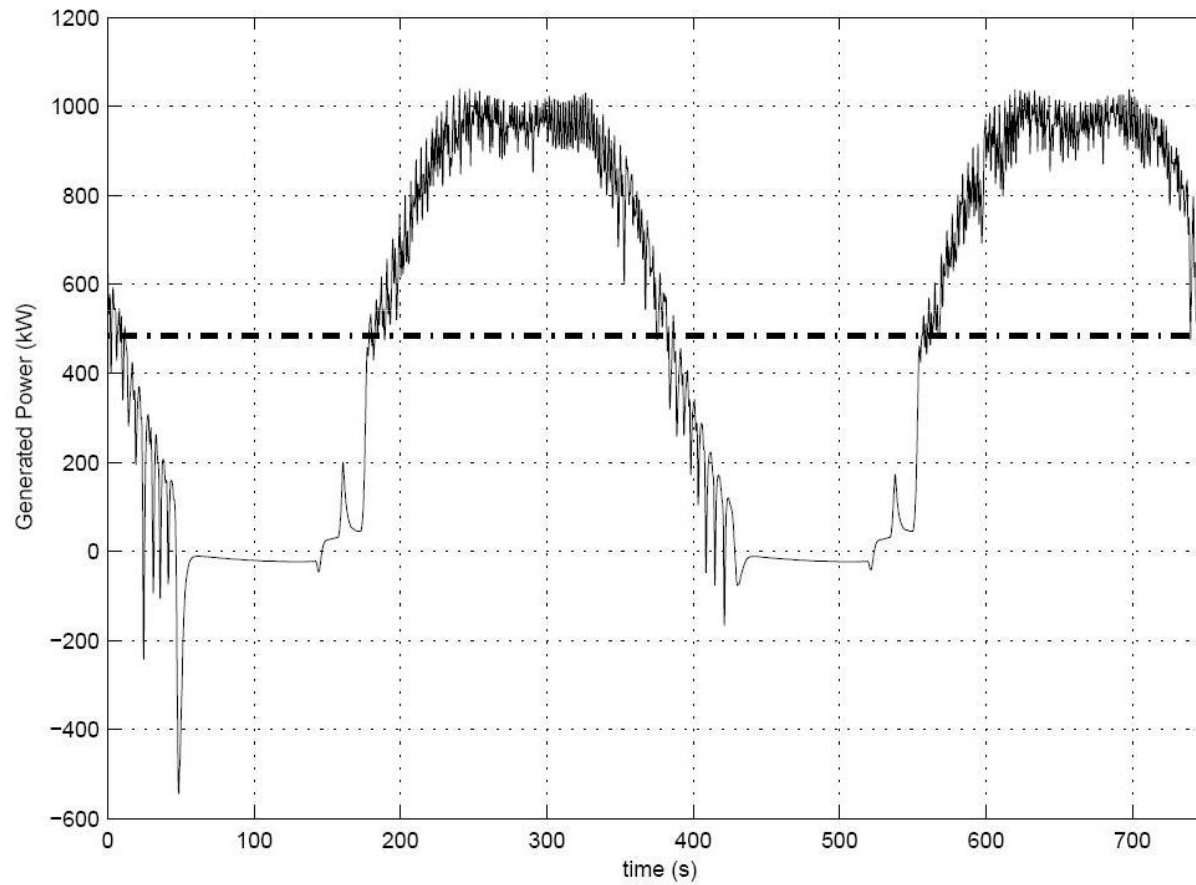


1° fase - Svolgimento del cavo e trascinamento del generatore con l'azione del vento trasformata in portanza del profilo alare

2° fase – Manovra di recupero del profilo alare, motorizzata con energia accumulata

Energia svolgimento >> energia recupero

# Ciclo di lavoro tipico

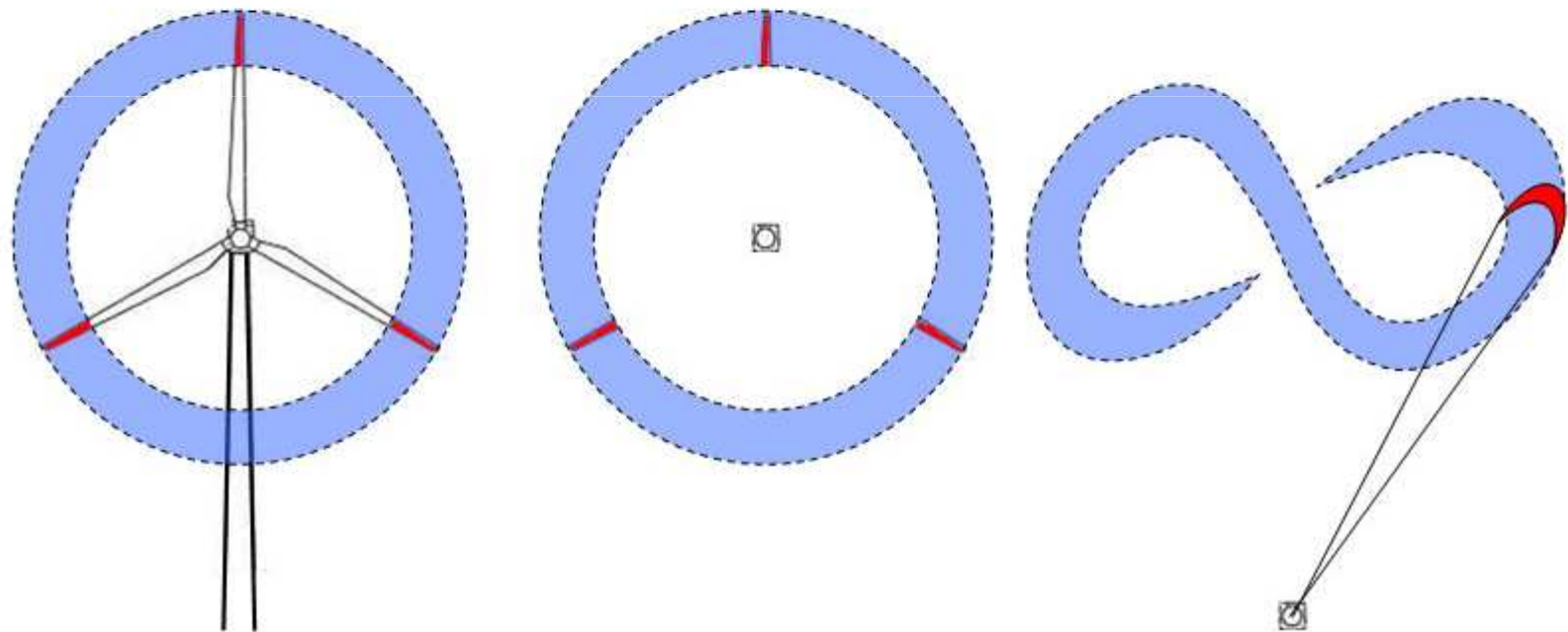


# Prove di volo e generazione



# Smaterializzazione e Delocalizzazione

Il profilo alare esprime portanza e lavora come la parte più efficiente delle pale eoliche (volando a circa 70 m/s).





# Quanto pesa un 747 ?



Un Boeing 747 ha massa al decollo

**Mass = 350000 kg**

La superficie dell'ala è di circa 520 m<sup>2</sup>

La velocità di decollo è di soli 250 km/h ,  
circa 70 m/s

**Lift > M g**

# Kite Gen Stem<sup>®</sup>



# Film KiteGen Stem<sup>®</sup>

# KiteGen Stem®



## Configurazione YOYO

L'infrastruttura con braccio di decollo permette la realizzazione di impianti di media potenza organizzati in wind farms

# Prestazioni

Esempio tratto dal progetto europeo



KIT VES FP7-SST-2007-RTD-1

Prototipo navale 100 kW

Kite superficie  $S = 30 \text{ m}^2$

Efficienza Aerodinamica  $E = 8$

Località: Pratica di Mare





# KitVes on board generator technical specifications

KitVes project																				
Test site		Example: Pratica di Mare (Italy)																		
Nominal Power		0,1 MW																		
Alternators Overload Factor		2																		
Minimum height on duty		200 m slit																		
Maximum height on duty		900 m slit																		
Maximum Cable Length		1600 m																		
Average ΔL ( for 30°<θ<60°)		1000 m																		
Cut-in speed		4 m/s																		
Nominal Wind Speed		10 m/s																		
Nominal ΔV = Vwind - Vfwd		5 m/s																		
Totale cables pull		20000 N																		
Wing Efficiency at $C_L = 1$		8																		
Required Wing Surface		20 m <sup>2</sup>																		
Drag Coefficient Sideslip		0,1																		
Maximum recovery speed		20 m/s																		
Wind speed [ m/s ]	Wind distribution frequency in %	Hours	ΔV [m/s]	Available Wing Traction [ N ]	Generation Phase Cable Speed	Available Mechanical Power [MW]	Mechanical Power Cutting through flight trajectories	Alternators Power Level in %	Recovery Phase Cable Speed [ m/s ]	Duty Cycle Time [ s ]	Generation Phase in %	Generation Phase Duration [ s ]	Recovery Phase in %	Recovery Phase Duration [ s ]	Generated Energy [ MWh ]	Sideslip Drag [N]	Sideslip Absorbed Power [MW]	Sideslip Consumed Energy [ MWh ]	Erogated Energy [ MWh ]	
0	0,4	35,04	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000	
1	1,6	140,16	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000	
2	4,4	385,44	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000	
3	5,4	473,04	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000	
4	7,4	648,24	0,8	556	3,2	0,002	0,002	2	20	366	86,3	316	13,7	50	0,985	720	0,014	1,27596017	-0,291	
5	17,2	1506,72	1,7	2222	3,3	0,007	0,007	7	20	350	85,7	300	14,3	50	9,566	781	0,016	3,36321429	6,203	
6	12,4	1086,24	2,5	5000	3,5	0,018	0,018	18	20	336	85,1	286	14,9	50	16,178	845	0,017	2,73408919	13,444	
7	10,8	946,08	3,3	8889	3,7	0,033	0,033	33	20	323	84,5	273	15,5	50	26,058	911	0,018	2,67134349	23,387	
8	8,6	753,36	4,2	13889	3,8	0,053	0,053	53	20	311	83,9	261	16,1	50	33,658	980	0,020	2,37492789	31,283	
9	7	613,2	5,0	20000	4,0	0,080	0,080	80	20	300	83,3	250	16,7	50	40,880	1051	0,021	2,148755	38,731	
10	5,2	455,52	5,0	20000	5,0	0,100	0,100	100	20	250	80,0	200	20,0	50	36,442	1125	0,023	2,04984	34,392	
11	4,2	367,92	5,0	20000	6,0	0,120	0,120	120	20	217	76,9	167	23,1	50	33,962	1201	0,024	2,03983338	31,922	
12	3,6	315,36	5,0	20000	7,0	0,140	0,140	140	20	193	74,1	143	25,9	50	32,704	1280	0,026	2,093056	30,611	
13	2,8	245,28	5,0	20000	8,0	0,160	0,160	160	20	175	71,4	125	28,6	50	28,032	1361	0,027	1,907928	26,124	
14	2,2	192,72	5,0	20000	9,0	0,180	0,180	180	20	161	69,0	111	31,0	50	23,924	1445	0,029	1,72849903	22,195	
15	1,9	166,44	5,0	20000	10,0	0,200	0,200	200	20	150	66,7	100	33,3	50	22,192	1531	0,031	1,699075	20,493	
16	0,9	78,84	5,0	20000	11,0	0,220	0,200	200	20	141	64,5	91	35,5	50	10,173	1620	0,032	0,90640568	9,266	
17	1	87,6	5,0	20000	12,0	0,240	0,200	200	20	133	62,5	83	37,5	50	10,950	1711	0,034	1,12429125	9,826	
18	1	87,6	5,0	20000	13,0	0,260	0,200	200	20	127	60,6	77	39,4	50	10,618	1805	0,036	1,24577818	9,372	
19	0,6	52,56	5,0	20000	14,0	0,280	0,200	200	20	121	58,8	71	41,2	50	6,184	1901	0,038	0,82295047	5,361	
20	0,4	35,04	5,0	20000	15,0	0,300	0,200	200	20	117	57,1	67	42,9	50	4,005	2000	0,040	0,60068571	3,404	
21	0,4	35,04	5,0	20000	16,0	0,320	0,200	200	20	113	55,6	63	44,4	50	3,893	2101	0,042	0,65446933	3,239	
22	0,2	17,52	5,0	20000	17,0	0,340	0,200	200	20	109	54,1	59	45,9	50	1,894	2205	0,044	0,35499308	1,539	
23	0,2	17,52	5,0	20000	18,0	0,360	0,200	200	20	106	52,6	56	47,4	50	1,844	2311	0,046	0,38361884	1,461	
	<b>99,8</b>	<b>8567,28</b>													<b>354,141</b>			<b>32,18</b>	<b>321,962</b>	
																		Equivalent Hours		3220





# KitVes on board generator technical specifications

KitVes project															
Test site		Example: Pratica di Mare (Italy)													
Nominal Power	0,1 MW														
Alternators Overload Factor	2														
Minimum height on duty	200 m slit														
Maximum height on duty	900 m slit														
Maximum Cable Length	1600 m														
Average ΔL ( for 30°<θ<60°)	1000 m														
Cut-in speed	4 m/s														
Nominal Wind Speed	10 m/s														
Nominal ΔV = Vwind - Vfwd	5 m/s														
Totale cables pull	20000 N														
Wing Efficiency at C <sub>L</sub> =1	8														
Required Wing Surface	20 m <sup>2</sup>														
Drag Coefficient Sideslip	0,1														
Maximum recovery speed	20 m/s														

Wind speed [ m/s ]	Wind distribution frequency in %	Hours	ΔV [m/s]	Average Wind Trajectory [°]	Cycle time [s]	Generation Phase in %	Generation Phase Duration [s]	Recovery Phase in %	Recovery Phase Duration [s]	Generated Energy [ MWh ]	Sideslip Drag [N]	Sideslip Absorbed Power [MW]	Sideslip Consumed Energy [ MWh ]	Erogated Energy [ MWh ]
0	0,4	35,04	0,0			0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000
1	1,6	140,16	0,0			0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000
2	4,4	385,44	0,0			0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000
3	5,4	473,04	0,0			0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000
4	7,4	648,24	0,8			86,3	316	13,7	50	0,985	720	0,014	1,27596017	-0,291
5	17,2	1506,72	1,7	2	0	85,7	300	14,3	50	9,566	781	0,016	3,36321429	6,203
6	12,4	1086,24	2,5	5	6	85,1	286	14,9	50	16,178	845	0,017	2,73408919	13,444
7	10,8	946,08	3,3	8	3	84,5	273	15,5	50	26,058	911	0,018	2,67134349	23,387
8	8,6	753,36	4,2	1	1	83,9	261	16,1	50	33,658	980	0,020	2,37492789	31,283
9	7	613,2	5,0	2	0	83,3	250	16,7	50	40,880	1051	0,021	2,148755	38,731
10	5,2	455,52	5,0	2	0	80,0	200	20,0	50	36,442	1125	0,023	2,04984	34,392
11	4,2	367,92	5,0	2	7	76,9	167	23,1	50	33,962	1201	0,024	2,03983338	31,922
12	3,6	315,36	5,0	2	3	74,1	143	25,9	50	32,704	1280	0,026	2,093056	30,611
13	2,8	245,28	5,0	2	5	71,4	125	28,6	50	28,032	1361	0,027	1,907928	26,124
14	2,2	192,72	5,0	2	1	69,0	111	31,0	50	23,924	1445	0,029	1,72849903	22,195
15	1,9	166,44	5,0	2	0	66,7	100	33,3	50	22,192	1531	0,031	1,699075	20,493
16	0,9	78,84	5,0	2	1	64,5	91	35,5	50	10,173	1620	0,032	0,90640568	9,266
17	1	87,6	5,0	2	3	62,5	83	37,5	50	10,950	1711	0,034	1,12429125	9,826
18	1	87,6	5,0	2	7	60,6	77	39,4	50	10,618	1805	0,036	1,24577818	9,372
19	0,6	52,56	5,0	2	1	58,8	71	41,2	50	6,184	1901	0,038	0,82295047	5,361
20	0,4	35,04	5,0	2	7	57,1	67	42,9	50	4,005	2000	0,040	0,60068571	3,404
21	0,4	35,04	5,0	2	3	55,6	63	44,4	50	3,893	2101	0,042	0,65446933	3,239
22	0,2	17,52	5,0	2	9	54,1	59	45,9	50	1,894	2205	0,044	0,35499308	1,539
23	0,2	17,52	5,0	2	6	52,6	56	47,4	50	1,844	2311	0,046	0,38361884	1,461
	<b>99,8</b>	<b>8567,28</b>								<b>354,141</b>			<b>32,18</b>	<b>321,962</b>

Equivalent Hours 3220







# KitVes on board generator technical specifications

KitVes project		Example: Pratica di Mare (Italy)	
Test site	Example: Pratica di Mare (Italy)		
Nominal Power	0,1 MW		
Alternators Overload Factor	2		
Minimum height on duty	200 m slit		
Maximum height on duty	900 m slit		
Maximum Cable Length	1600 m		
Average ΔL ( for 30°<θ<60°)	1000 m		
Cut-in speed	4 m/s		
Nominal Wind Speed	10 m/s		
Nominal ΔV = Vwind - Vfwd	5 m/s		
Totale cables pull	20000 N		
Wing Efficiency at $C_L = 1$	8		
Required Wing Surface	20 m <sup>2</sup>		
Drag Coefficient Sideslip	0,1		
Maximum recovery speed	20 m/s		

Wind speed [ m/s ]	Wind distribution frequency in %	Hours	ΔV [m/s]	Average Wind Trajectory [m]
0	0,4	35,04	0,0	0,000
1	1,6	140,16	0,0	0,000
2	4,4	385,44	0,0	0,000
3	5,4	473,04	0,0	0,000
4	7,4	648,24	0,8	-0,291
5	17,2	1506,72	1,7	6,203
6	12,4	1086,24	2,5	13,444
7	10,8	946,08	3,3	13,387
8	8,6	753,36	4,2	31,283
9	7	613,2	5,0	38,731
10	5,2	455,52	5,0	34,392
11	4,2	367,92	5,0	31,922
12	3,6	315,36	5,0	30,611
13	2,8	245,28	5,0	26,124
14	2,2	192,72	5,0	22,195
15	1,9	166,44	5,0	20,493
16	0,9	78,84	5,0	9,266
17	1	87,6	5,0	9,826
18	1	87,6	5,0	9,372
19	0,6	52,56	5,0	5,361
20	0,4	35,04	5,0	3,404
21	0,4	35,04	5,0	3,239
22	0,2	17,52	5,0	1,539
23	0,2	17,52	5,0	1,461
	<b>99,8</b>	<b>8567,28</b>		<b>321,962</b>

Wind speed [ m/s ]	Wind distribution frequency in %	Hours	ΔV [m/s]	Average Wind Trajectory [m]	Equivalent Hours	Energy [MWh]
0	0,4	35,04	0,0	0,000	0,000	0,000
1	1,6	140,16	0,0	0,000	0,000	0,000
2	4,4	385,44	0,0	0,000	0,000	0,000
3	5,4	473,04	0,0	0,000	0,000	0,000
4	7,4	648,24	0,8	0,000	0,000	0,000
5	17,2	1506,72	1,7	2,000	2,000	0,000
6	12,4	1086,24	2,5	5,000	5,000	0,000
7	10,8	946,08	3,3	8,000	8,000	0,000
8	8,6	753,36	4,2	11,000	11,000	0,000
9	7	613,2	5,0	15,000	15,000	0,000
10	5,2	455,52	5,0	20,000	20,000	0,000
11	4,2	367,92	5,0	25,000	25,000	0,000
12	3,6	315,36	5,0	30,000	30,000	0,000
13	2,8	245,28	5,0	35,000	35,000	0,000
14	2,2	192,72	5,0	40,000	40,000	0,000
15	1,9	166,44	5,0	45,000	45,000	0,000
16	0,9	78,84	5,0	50,000	50,000	0,000
17	1	87,6	5,0	50,000	50,000	0,000
18	1	87,6	5,0	50,000	50,000	0,000
19	0,6	52,56	5,0	50,000	50,000	0,000
20	0,4	35,04	5,0	50,000	50,000	0,000
21	0,4	35,04	5,0	50,000	50,000	0,000
22	0,2	17,52	5,0	50,000	50,000	0,000
23	0,2	17,52	5,0	50,000	50,000	0,000
	<b>99,8</b>	<b>8567,28</b>			<b>354,141</b>	<b>32,18</b>

Wind speed [ m/s ]	Frequency in %	Hours	ΔV [m/s]	Average Wind Trajectory [m]	Equivalent Hours	Energy [MWh]
0	0,4	35,04	0,0	0,000	0,000	0,000
1	1,6	140,16	0,0	0,000	0,000	0,000
2	4,4	385,44	0,0	0,000	0,000	0,000
3	5,4	473,04	0,0	0,000	0,000	0,000
4	7,4	648,24	0,8	0,000	0,000	0,000
5	17,2	1506,72	1,7	2,000	2,000	0,000
6	12,4	1086,24	2,5	5,000	5,000	0,000
7	10,8	946,08	3,3	8,000	8,000	0,000
8	8,6	753,36	4,2	11,000	11,000	0,000
9	7	613,2	5,0	15,000	15,000	0,000
10	5,2	455,52	5,0	20,000	20,000	0,000
11	4,2	367,92	5,0	25,000	25,000	0,000
12	3,6	315,36	5,0	30,000	30,000	0,000
13	2,8	245,28	5,0	35,000	35,000	0,000
14	2,2	192,72	5,0	40,000	40,000	0,000
15	1,9	166,44	5,0	45,000	45,000	0,000
16	0,9	78,84	5,0	50,000	50,000	0,000
17	1	87,6	5,0	50,000	50,000	0,000
18	1	87,6	5,0	50,000	50,000	0,000
19	0,6	52,56	5,0	50,000	50,000	0,000
20	0,4	35,04	5,0	50,000	50,000	0,000
21	0,4	35,04	5,0	50,000	50,000	0,000
22	0,2	17,52	5,0	50,000	50,000	0,000
23	0,2	17,52	5,0	50,000	50,000	0,000
	<b>99,8</b>	<b>8567,28</b>			<b>354,141</b>	<b>32,18</b>



# KitVes on board generator technical specifications

KitVes project																
Test site		Example: Pratica di Mare (Italy)														
Nominal Power		0,1 MW														
Alternators Overload Factor		2														
Minimum height on duty		200 m slit														
Maximum height on duty		900 m slit														
Maximum Cable Length		1600 m														
Average ΔL ( for 30°<θ<60°)		1000 m														
Cut-in speed		4 m/s														
Nominal Wind Speed		10 m/s														
Nominal ΔV = Vwind - Vfwd		5 m/s														
Totale cables pull		20000 N														
Wing Efficiency at Cl =1		8														
Required Wing Surface		20 m²														
Drag Coefficient Sideslip		0,1														
Maximum recovery speed		20 m/s														
Wind speed [ m/s ]	Wind distribution frequency in %	Hours	ΔV [m/s]	Available Wing Traction [ N ]	Generation Phase Cable Speed	Available Mechanical Power [MW]	Mechanical Power Cutting through flight trajectories	ΔV [m/s]	Available Wing Traction [ N ]	Generation Phase Cable Speed	Available Mechanical Power [MW]	Mechanical Power Cutting through flight trajectories	Alternators Power Level in %			
0	0,4	35,04	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0			
1	1,6	140,16	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0			
2	4,4	385,44	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0			
3	5,4	473,04	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0,0	0	0,0	0,000	0,000	0			
4	7,4	648,24	0,8	556	3,2	0,002	0,002	0,8	556	3,2	0,002	0,002	2			
5	17,2	1506,72	1,7	2222	3,3	0,007	0,007	1,7	2222	3,3	0,007	0,007	7			
6	12,4	1086,24	2,5	5000	3,5	0,018	0,018	2,5	5000	3,5	0,018	0,018	18			
7	10,8	946,08	3,3	8889	3,7	0,033	0,033	3,3	8889	3,7	0,033	0,033	33			
8	8,6	753,36	4,2	13889	3,8	0,053	0,053	4,2	13889	3,8	0,053	0,053	53			
9	7	613,2	5,0	20000	4,0	0,080	0,080	5,0	20000	4,0	0,080	0,080	80			
10	5,2	455,52	5,0	20000	5,0	0,100	0,100	5,0	20000	5,0	0,100	0,100	100			
11	4,2	367,92	5,0	20000	6,0	0,120	0,120	5,0	20000	6,0	0,120	0,120	120			
12	3,6	315,36	5,0	20000	7,0	0,140	0,140	5,0	20000	7,0	0,140	0,140	140			
13	2,8	245,28	5,0	20000	8,0	0,160	0,160	5,0	20000	8,0	0,160	0,160	160			
14	2,2	192,72	5,0	20000	9,0	0,180	0,180	5,0	20000	9,0	0,180	0,180	180			
15	1,9	166,44	5,0	20000	10,0	0,200	0,200	5,0	20000	10,0	0,200	0,200	200			
16	0,9	78,84	5,0	20000	11,0	0,220	0,220	5,0	20000	11,0	0,220	0,220	200			
17	1	87,6	5,0	20000	12,0	0,240	0,240	5,0	20000	12,0	0,240	0,240	200			
18	1	87,6	5,0	20000	13,0	0,260	0,260	5,0	20000	13,0	0,260	0,260	200			
19	0,6	52,56	5,0	20000	14,0	0,280	0,280	5,0	20000	14,0	0,280	0,280	200			
20	0,4	35,04	5,0	20000	15,0	0,300	0,300	5,0	20000	15,0	0,300	0,300	200			
21	0,4	35,04	5,0	20000	16,0	0,320	0,320	5,0	20000	16,0	0,320	0,320	200			
22	0,2	17,52	5,0	20000	17,0	0,340	0,340	5,0	20000	17,0	0,340	0,340	200			
23	0,2	17,52	5,0	20000	18,0	0,360	0,360	5,0	20000	18,0	0,360	0,360	200			
	<b>99,8</b>	<b>8567,28</b>														

# KitVes on board generator technical specifications

KitVes project	
Test site	Example: Pratica di Mare (Italy)
Nominal Power	0,1 MW
Alternators Overload Factor	2
Minimum height on duty	200 m slt
Maximum height on duty	900 m slt
Maximum Cable Length	1600 m
Average $\Delta L$ ( for $30^\circ < \theta < 60^\circ$ )	1000 m
Cut-in speed	4 m/s
Nominal Wind Speed	10 m/s
Nominal $\Delta V = V_{wind} - V_{fwd}$	5 m/s
Totale cables pull	20000 N
Wing Efficiency at $C_L = 1$	8
Required Wing Surface	20 m <sup>2</sup>
Drag Coefficient Sideslip	0,1
Maximum recovery speed	20 m/s

**Power vs wind speed**

$\Delta V$ [m/s]	Available Wing Traction [ N ]	Generation Phase Cable Speed	Available Mechanical Power [MW]	Mechanical Power Cutting through flight trajectories	Alternators Power Level in %
0,0	0	0,0	0,000	0,000	0
0,0	0	0,0	0,000	0,000	0
0,0	0	0,0	0,000	0,000	0
0,0	0	0,0	0,000	0,000	0
0,8	556	3,2	0,002	0,002	2
1,7	2222	3,3	0,007	0,007	7
2,5	5000	3,5	0,018	0,018	18
3,3	8889	3,7	0,033	0,033	33
4,2	13889	3,8	0,053	0,053	53
5,0	20000	4,0	0,080	0,080	80
5,0	20000	5,0	0,100	0,100	100
5,0	20000	6,0	0,120	0,120	120
5,0	20000	7,0	0,140	0,140	140
5,0	20000	8,0	0,160	0,160	160
5,0	20000	9,0	0,180	0,180	180
5,0	20000	10,0	0,200	0,200	200
5,0	20000	11,0	0,220	0,200	200
5,0	20000	12,0	0,240	0,200	200
5,0	20000	13,0	0,260	0,200	200
5,0	20000	14,0	0,280	0,200	200
5,0	20000	15,0	0,300	0,200	200
5,0	20000	16,0	0,320	0,200	200
5,0	20000	17,0	0,340	0,200	200
5,0	20000	18,0	0,360	0,200	200

21	0,4	35,04	5,0	20000	16,0	0,320	0,200
22	0,2	17,52	5,0	20000	17,0	0,340	0,200
23	0,2	17,52	5,0	20000	18,0	0,360	0,200
	<b>99,8</b>	<b>8567,28</b>					





# KitVes on board generator technical specifications

KitVes project		Example: Pratica di Mare (Italy)											
Test site	Example: Pratica di Mare (Italy)												
Nominal Power	0,1 MW												
Alternators Overload Factor	2												
Minimum height on duty	Recovery Phase	Duty Cycle	Generation	Generation	Recovery	Recovery	Generated	Sideslip	Sideslip	Sideslip	Erogated		
Maximum height on duty	Cable Speed	Time	Phase in %	Phase	Phase in	Phase	Energy	Drag	Absorbed	Consumed	Energy		
Maximum Cable Length	[ m/s ]	[ s ]		Duration	%	Duration	[ MWh ]	[ N ]	Power	Energy	[ MWh ]	[ MWh ]	
Average ΔL ( for 30°<θ<60°)				[ s ]		[ s ]			[ MW ]				
Cut-in speed													
Nominal Wind Speed													
Nominal ΔV = Vwind - Vfwd	0	0	0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000		
Totale cables pull	0	0	0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000		
Wing Efficiency at C <sub>L</sub> =1	0	0	0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000		
Required Wing Surface	0	0	0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000		
Drag Coefficient Sideslip	0	0	0,0	0	0,0	0	0,000	0	0,000	0	0,000		
Maximum recovery speed	20	366	86,3	316	13,7	50	0,985	720	0,014	1,27596017	-0,291		
	20	350	85,7	300	14,3	50	9,566	781	0,016	3,36321429	6,203		
Wind speed [ m/s]	20	336	85,1	286	14,9	50	16,178	845	0,017	2,73408919	13,444	Sideslip	Erogated
	20	323	84,5	273	15,5	50	26,058	911	0,018	2,67134349	23,387	Energy	Energy
	20	311	83,9	261	16,1	50	33,658	980	0,020	2,37492789	31,283	[ MWh ]	[ MWh ]
0	20	300	83,3	250	16,7	50	40,880	1051	0,021	2,148755	38,731	0	0,000
1	20	250	80,0	200	20,0	50	36,442	1125	0,023	2,04984	34,392	0	0,000
2	20	217	76,9	167	23,1	50	33,962	1201	0,024	2,03983338	31,922	0	0,000
3	20	193	74,1	143	25,9	50	32,704	1280	0,026	2,093056	30,611	96017	-0,291
4	20	175	71,4	125	28,6	50	28,032	1361	0,027	1,907928	26,124	21429	6,203
5	20	161	69,0	111	31,0	50	23,924	1445	0,029	1,72849903	22,195	08919	13,444
6	20	150	66,7	100	33,3	50	22,192	1531	0,031	1,699075	20,493	34349	23,387
7	20	141	64,5	91	35,5	50	10,173	1620	0,032	0,90640568	9,266	92789	31,283
8	20	133	62,5	83	37,5	50	10,950	1711	0,034	1,12429125	9,826	8755	38,731
9	20	127	60,6	77	39,4	50	10,618	1805	0,036	1,24577818	9,372	984	34,392
10	20	121	58,8	71	41,2	50	6,184	1901	0,038	0,82295047	5,361	83338	31,922
11	20	117	57,1	67	42,9	50	4,005	2000	0,040	0,60068571	3,404	3056	30,611
12	20	113	55,6	63	44,4	50	3,893	2101	0,042	0,65446933	3,239	7928	26,124
13	20	109	54,1	59	45,9	50	1,894	2205	0,044	0,35499308	1,539	49903	22,195
14	20	106	52,6	56	47,4	50	1,844	2311	0,046	0,38361884	1,461	9075	20,493
15												40568	9,266
16												29125	9,826
17												77818	9,372
18												95047	5,361
19												68571	3,404
20												46933	3,239
21												99308	1,539
22												61884	1,461
23												.18	321,962
							354,141			32,18	321,962		
												Equivalent Hours	3220
												Equivalent Hours	3220



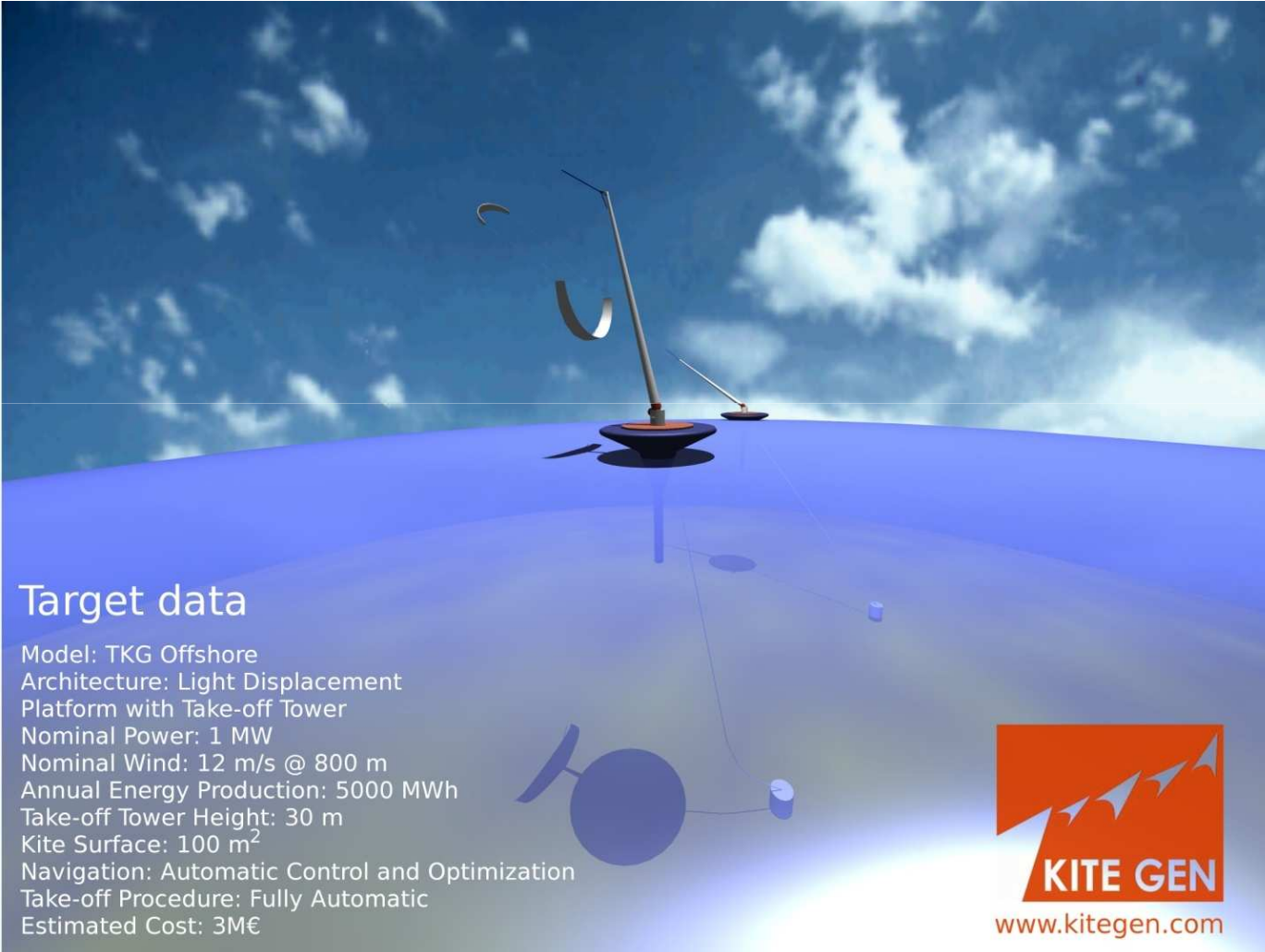




Torre eolica: 1500-1800 MWh/MW


KiteGen Stem: da 3200 a 6000 MWh/MW

# Kite Gen Stem<sup>®</sup> offshore farm



**Target data**

- Model: TKG Offshore
- Architecture: Light Displacement
- Platform with Take-off Tower
- Nominal Power: 1 MW
- Nominal Wind: 12 m/s @ 800 m
- Annual Energy Production: 5000 MWh
- Take-off Tower Height: 30 m
- Kite Surface: 100 m<sup>2</sup>
- Navigation: Automatic Control and Optimization
- Take-off Procedure: Fully Automatic
- Estimated Cost: 3M€



[www.kitegen.com](http://www.kitegen.com)



# II Kite Gen Carousel®

## Target data

Model: **KITE GEN** ARIA200

Architecture: Monolithic Rotor

Suspension and generation:

Auto-dampened passive magnetic levitation

Kite maximum height: 1000m

Nominal power: 200MW

Nominal wind speed: 12 m/s@800m

Swept area max: (double wind front) 1,400,000 m<sup>2</sup>

Annual energy production: 1TWh

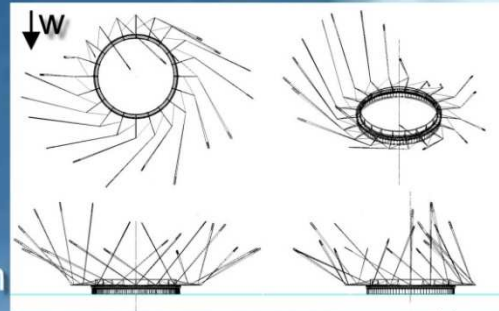
Rotor height: 30m

Rotor diameter: 1000m

Magnetics and electrical equipments weight: 1000 tons

Navigation: Automatic control and optimisation

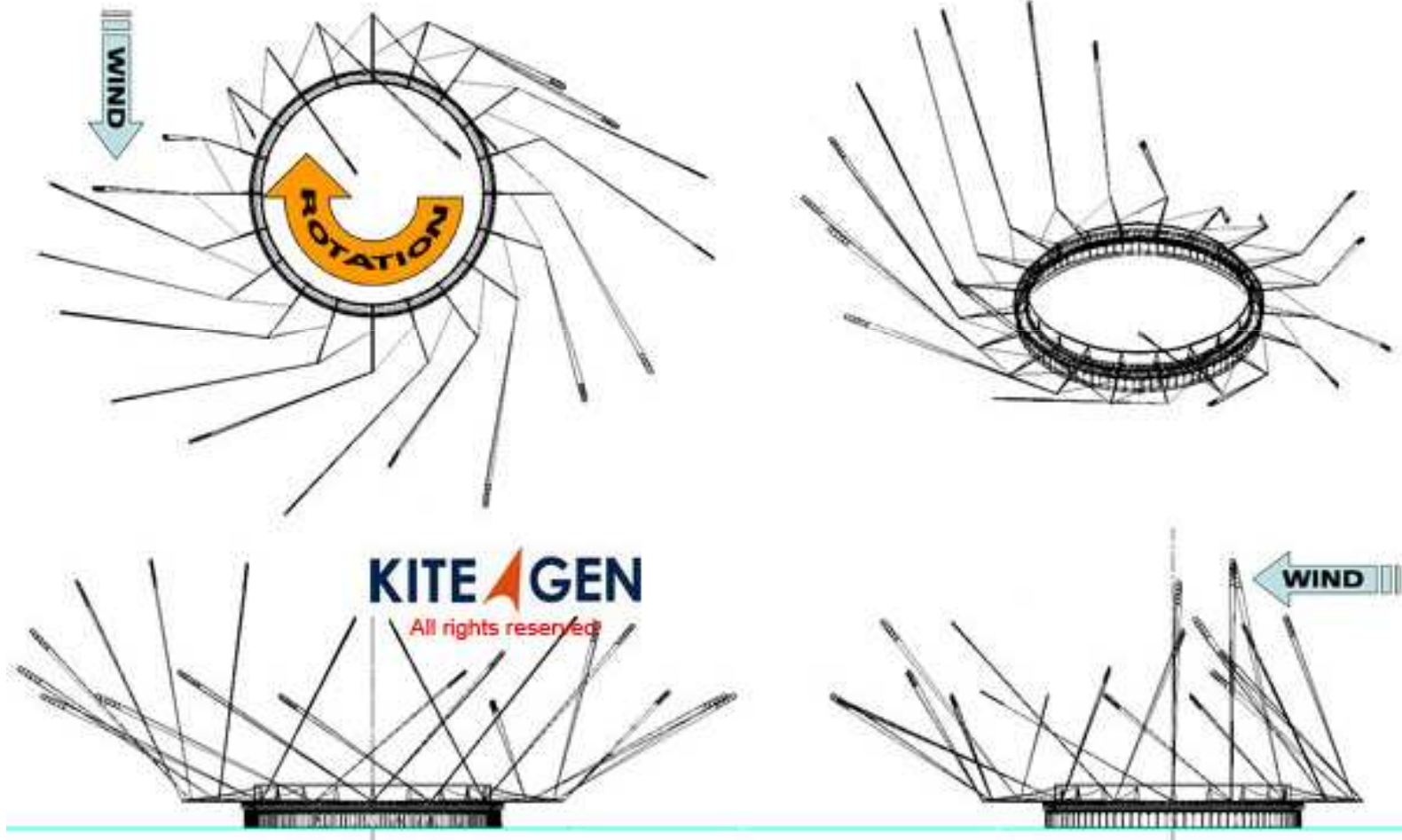
Kite array take off and retracting: Automatic



Remarks and drawing inconsistencies:  
The cable is 10 times thicker in order to make it visible.  
Minor actuators devices and tensor-structural elements are hidden  
Kites height in the drawing is 400m

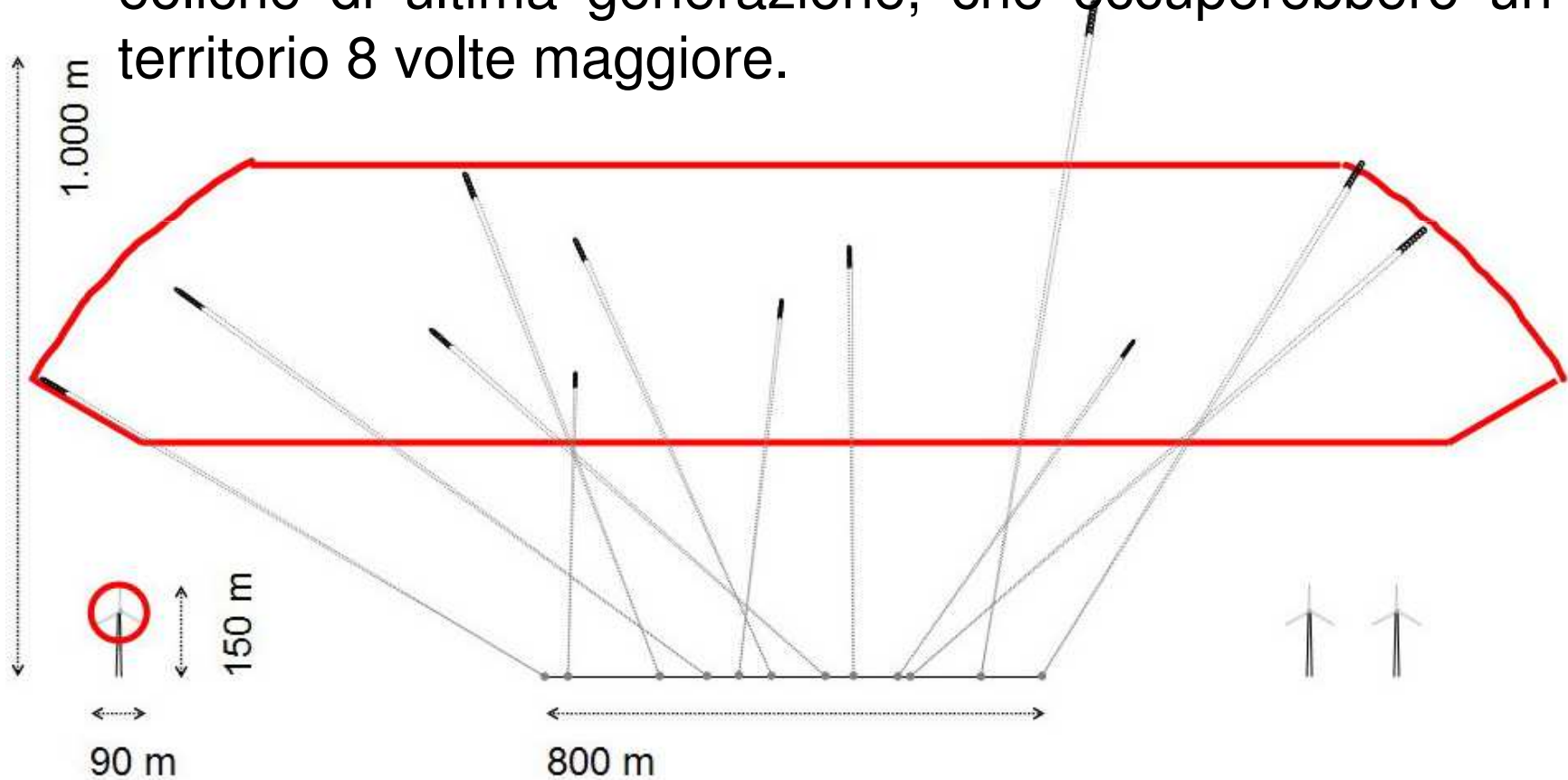
[www.kitegen.com](http://www.kitegen.com)

# Traiettorie di volo controllate e ottimizzate in tempo reale con modello predittivo computerizzato



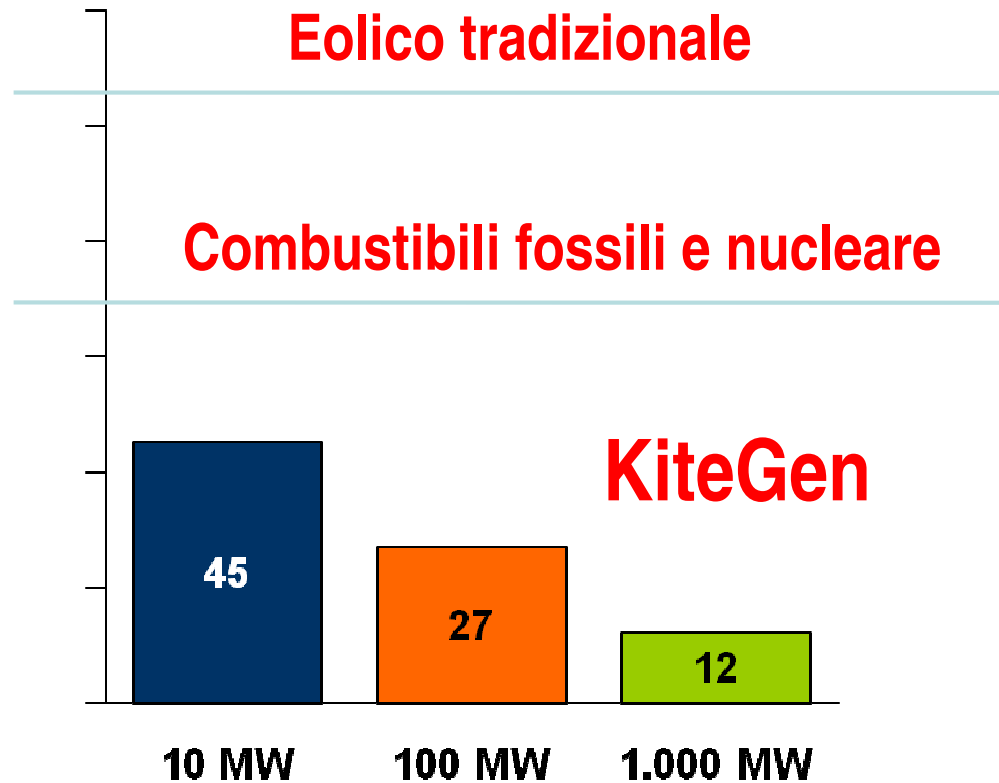
# Fronte vento intercettato

- Pari a circa  $1\text{km}^2$ , l'equivalente coperto da 150 torri eoliche di ultima generazione, che occuperebbero un territorio 8 volte maggiore.



# Scalabilità e costo energia

Costi energia prodotta vs. taglia impianto €/MWh





Per concludere, due domande molto frequenti:

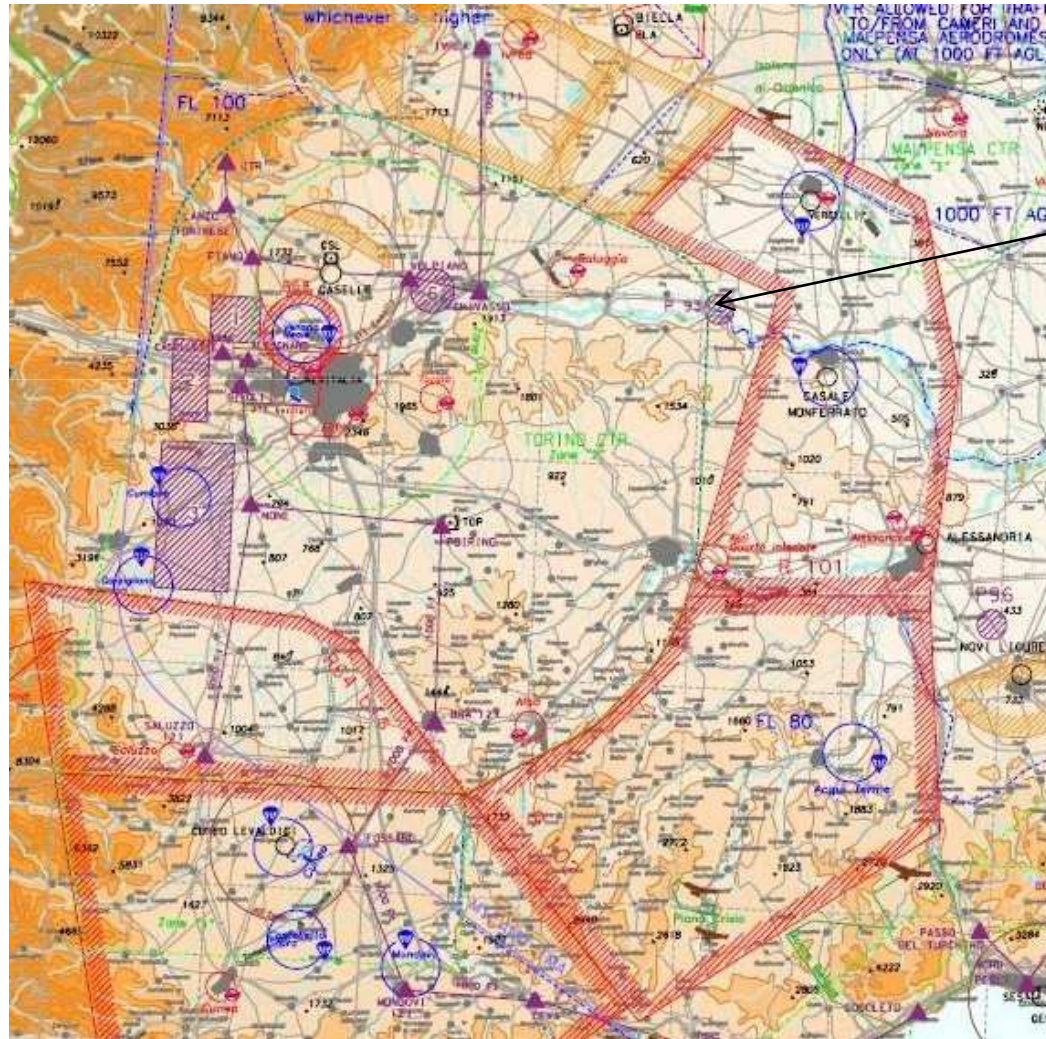
Un kite può risalire il vento?

Kite Gen<sup>®</sup> e traffico aereo possono coesistere ?

# Un kite può risalire il vento?



# Kite Gen<sup>®</sup> e traffico aereo possono coesistere ?



Trino



**Grazie per l'attenzione**

L'Azienda r  torinese nel 1997 come Caravel Srl su iniziativa di Massimo Ippolito che intravede l'opportunità di trasformare l'attività di Ricerca in prodotti industriali

Assume l'attuale denominazione

“SEQUOIA Automation Srl” nel 2001 per volontà dei soci fondatori Massimo Ippolito, Gianni Vergnano e Leonello Zaquini



La sede attuale, in via XXV  
aprile 8 a Chieri (TO),  
ospita gli uffici, il  
laboratorio e la sala  
riunioni dove si svolgono  
gli incontri con i partners  
impegnati nei progetti di  
ricerca congiunta







Sequoia Automation ha recentemente partecipato ai progetti co-finanziati:

IMS-SIMON (EP26504)

ELECTRIC-WASH (POP Regionale)

HYMM (NMP3-CT-2003-505206)

ECOFIT(NMP2-CT-2005-01389)



E con particolare riferimento al progetto  
KITE GEN®:

Bando Ricerca Scientifica Piemonte 2004

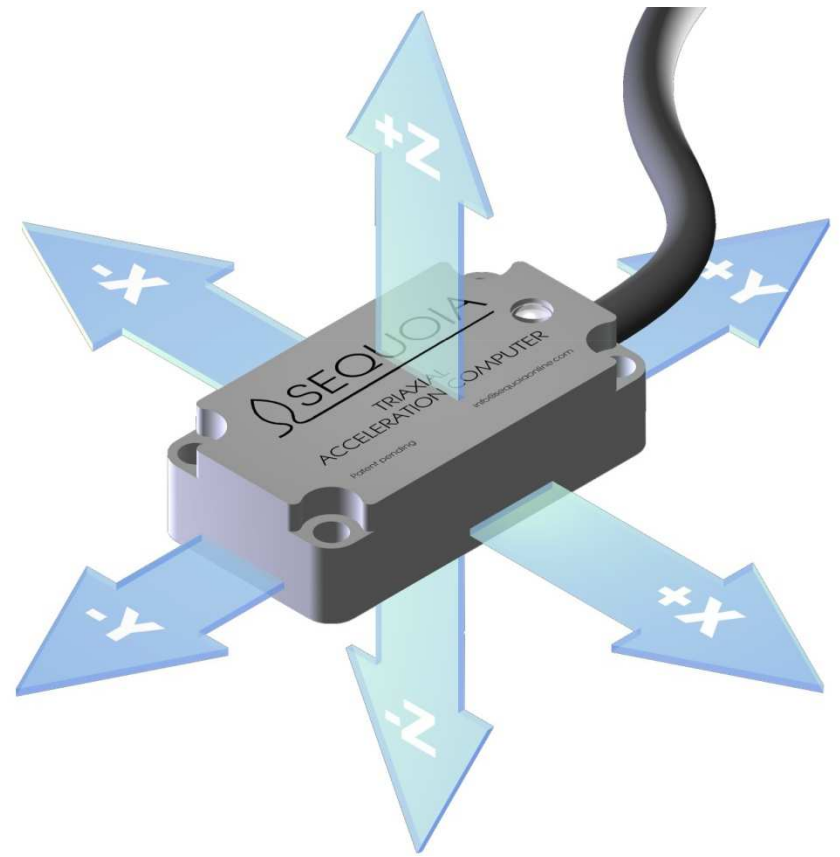
FIT energia MAP-IT DM 16/5/2005

FIT digitale MAP-IT DM 28/7/2005

KIT VES FP7-SST-2007-RTD-1



Tra i prodotti  
ammirati e premiati  
figura l'accelerometro  
triassiale Setac,  
giudicato in una delle  
sue molte versioni  
"Prodotto Tecnologico  
2008" alla fiera di  
Hannover





Si trova inv  
avanzata di collaudo  
e certificazione il  
progetto PHR ( Power  
Hybrid Regenerator )  
per il recupero  
dell'energia cinetica in  
frenata





**Grazie per l'attenzione**