



REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI FORENZA



COMUNE DI MASCHITO



COMUNE DI  
RIPACANDIDA

Committente:



Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO  
"PARCO EOLICO PIANO DELLA SPINA"

Titolo:

Disciplinare descrittivo e  
prestazionale degli elementi tecnici

Tavola:

**A.15**

-Progettista Architettonico/Elettromecc.:

Ing. Paolo Battistella

-Consulenza Geologica:

Dott. Geologo Antonio Viviani

-Responsabile V.I.A.:

Ing. Rocco Sileo



-Consulenza Topografica:

Geom. Rocco Galasso

0	Emissione	10/2021	G.M.	P.B.	Data: Ottobre 2021
N°	REVISIONE	DATA	RED.	APPR.	

*Committente:*  
**EN POWER S.r.l.s.**  
 Via Principe Amedeo, 7 – 85010 Pignola (PZ)

Parco Eolico Piano della Spina  
**DISCIPLINARE DEGLI ELEMENTI TECNICI**  
**A15**

A. AEROGENERATORI.....	2
A.1 VESTAS V162-5.6 MW .....	3
A.2 VESTAS V136-4.0/4.2 MW .....	6
A.3 TRASFORMATORE BORDO MACCHINA .....	10
A.4 SISTEMI DI SICUREZZA .....	11
B. FONDAZIONI .....	13
C. RETE DI ALLACCIO.....	14
D. SOTTOSTAZIONE DI ALLACCIO .....	15
D.1 SCHEMA DI ALLACCIO.....	15
D.2 EDIFICIO QUADRO MT E LOCALE MISURA .....	15
D.3 TRASFORMATORE.....	16
D.4 APPARECCHIATURE .....	17
D.5 SERVIZI AUSILIARI .....	18
D.6 EDIFICI .....	18
D.7 LOCALE DI SERVIZIO PER OPERATORI GESTORE.....	19
D.8 IMPIANTO DI TERRA .....	19
D.9 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ESTERNA ED EDIFICI .....	19
D.10 INFRASTRUTTURE ACCESSORIE DI SUPPORTO .....	20
E. CAVIDOTTO.....	21
F. SISTEMI DI CONTROLLO .....	24
F.1 ACCENSIONE.....	24
F.2 CONDIZIONE NOMINALE DI FUNZIONAMENTO .....	24
F.3 FERMATA.....	25
G. RACCORDI LINEE AT AEREE CON PROFILI DEI CAMPI ELETTRICITÀ...26	

	Redatto	Approvato	Note	Data
Emissione	G.Montanari	P.Battistella		Ottobre 2021

## A. AEROGENERATORI

Viste le caratteristiche del sito sotto il profilo anemologico, orografico e ambientale si è reso necessario individuare due diversi modelli di aerogeneratori di grande taglia.

Gli aerogeneratori scelti sono entrambi prodotti dal costruttore VESTAS e sono:

- modello V162 da 5.6 MW di potenza nominale con altezza mozzo di 125m;
- modello V136 da 4.2 MW di potenza nominale con altezza mozzo di 86 m.

Lo schema costruttivo delle due macchine è quello classico, in cui la navicella è progettata con struttura portante saldata. Al suo interno sono alloggiati il sistema di trasmissione con moltiplicatore di giri, il generatore elettrico e i dispositivi ausiliari.

L'avvio della turbina avviene con un vento di 3 m/s, a passo massimo.



*Figura 1 – Navicella della serie EnVentus, a cui appartiene la V162-5.6 MW*

Il flusso d'aria sulle pale aziona il rotore e quindi il generatore attraverso il moltiplicatore a due stadi.

Data la bassa velocità di rotazione e l'ampia sezione trasversale del generatore, i livelli di temperatura non sono elevati e sono soggetti a minori fluttuazioni.

Il generatore è sincrono nel caso della macchina V162-5.6 MW; la macchina V136-4.2 MW è invece dotata di generatore asincrono a gabbia di scoiattolo.

## A.1 VESTAS V162-5.6 MW

La turbina eolica Vestas V162-5.6 MW è una turbina con regolazione del passo con imbardata attiva e rotore sopravento a tre pale. Il diametro del rotore è di 162 m e la potenza nominale di 5.6 MW.

Le caratteristiche ambientali riassunte nella seguente tabella<sup>1</sup> sono compatibili con i dati di progetto del Parco Eolico Piano della Spina ma la scelta finale della turbina dovrà essere validata da Vestas.

Wind Climate	IEC S	IEC S	IEC S
Power Rating	5.6 MW	5.6 MW	5.6 MW
Hub Height	119	125	149
<b>Average design parameters - IEC</b>			
Wind Speed (10 min average), $V_{ave}$	7.4 m/s	8.5 m/s	7.9 m/s
Weibull Scale Factor, $C$	8.4 m/s	9.6 m/s	8.9 m/s
Weibull Shape Factor, $k$	2.48	2.3	2.48
$I_{ref}$ acc. to IEC 61400-1	0.15	0.14	0.15
Turbulence Intensity acc. to IEC 61400-1, Including Wind Farm Turbulence (@15 m/s) $I_{90}$ (90% quantile)	16.9%	15.7%	16.9 %
Wind Shear, $\alpha$	0.30	0.20	0.30
Inflow Angle (vertical)	8°	8°	8°
<b>Extreme design parameters - IEC</b>			
Extr. Wind Speed (10 min average), $V_{50}$	37.1 m/s	37.5 m/s	39.5 m/s
Survival Wind Speed (3 s gust), $V_{e50}$	51.9 m/s	52.5 m/s	55.3 m/s
Turbulence Intensity, $I_{v50}$	11%	11 %	11 %

Tabella 1 Caratteristiche V162-5.6 MW per Hh 125 m

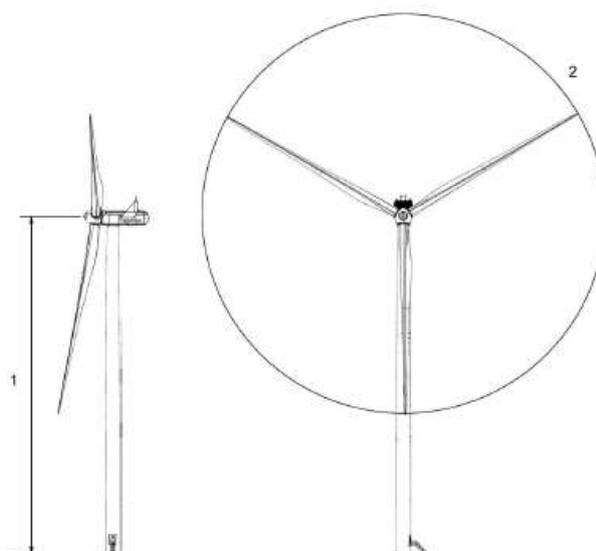


Figura 2 - Dimensioni (1 Hhub altezza mozzo - 2 Diametro rotore)

<sup>1</sup> Si veda documento "Performance Specification V162-5.6 MW 50/60 Hz – Document nr.: 0081-5098 V01 2019-01-24" di Vestas Wind Systems

## EMISSIONE ACUSTICA

<b>Sound Power Level at Hub Height</b>		
<b>Conditions for Sound Power Level:</b>	<b>Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3</b> <b>Maximum turbulence at hub height: 30%</b> <b>Inflow angle (vertical): 0 ±2°</b> <b>Air density: 1.225 kg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Wind speed at hub height [m/s]</b>	<b>Sound Power Level at Hub Height [dBA] Mode 0 (Blades with serrated trailing edge)</b>	<b>Sound Power Level at Hub Height [dBA] Mode 0-0S (Blades without serrated trailing edge)</b>
3	93.5	96.3
4	93.7	96.5
5	94.3	97.1
6	97.3	100.1
7	100.2	103.0
8	102.9	105.7
9	104.0	106.8
10	104.0	106.8
11	104.0	106.8
12	104.0	106.8
13	104.0	106.8
14	104.0	106.8
15	104.0	106.8
16	104.0	106.8
17	104.0	106.8
18	104.0	106.8
19	104.0	106.8
20	104.0	106.8

*Figura 3 - Emissione V162-5.6 MW Hh 125 m in configurazione Mode 0*

Il livello di emissione sonora misurato secondo la norma IEC 61400-11 ed.3 con turbolenza massima del 30%, con flusso orizzontale del vento con uno scostamento verticale massimo di 2° e con densità dell'aria standard (1.225 kg/mc), è riportato nella precedente tabella<sup>2</sup> nella quale la velocità del vento è riferita all'altezza mozzo.

È importante sottolineare che VESTAS prevede diverse configurazioni che possono limitare ulteriormente l'emissione sonora. Quindi in caso di necessità è possibile mettere a punto configurazioni operative più silenziose anche per situazioni particolari (orari, direzioni vento, situazioni meteo).

<sup>2</sup> Si veda documento "Performance Specification V162-5.6 MW 50/60 Hz – Document nr.: 0081-5098 V01 2019-01-24" di Vestas Wind Systems

## CURVA DI POTENZA

Nella tabella<sup>3</sup> seguente è riportata la curva di potenza (espressa in kW) in Mode 0

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m <sup>3</sup> ]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	15	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	899	940	960
6.0	1220	925	952	979	1005	1032	1059	1086	1113	1139	1166	1193	1246	1273
6.5	1574	1200	1235	1269	1303	1337	1371	1405	1439	1473	1506	1540	1608	1641
7.0	1990	1525	1567	1610	1652	1694	1737	1779	1821	1864	1906	1948	2032	2074
7.5	2467	1896	1948	2000	2052	2104	2156	2208	2260	2312	2364	2415	2519	2570
8.0	3010	2319	2382	2445	2508	2571	2634	2697	2760	2822	2885	2948	3073	3135
8.5	3617	2794	2869	2945	3020	3095	3170	3245	3320	3394	3469	3543	3690	3764
9.0	4257	3313	3401	3489	3577	3665	3751	3836	3922	4008	4091	4174	4337	4418
9.5	4834	3851	3947	4043	4139	4235	4324	4414	4504	4593	4673	4753	4903	4973
10.0	5256	4377	4475	4572	4670	4767	4846	4924	5002	5080	5139	5198	5301	5346
10.5	5482	4852	4934	5016	5098	5180	5233	5285	5338	5390	5421	5451	5499	5516
11.0	5578	5238	5294	5349	5405	5460	5483	5506	5528	5551	5560	5569	5583	5588
11.5	5598	5460	5485	5509	5533	5558	5565	5573	5581	5589	5592	5595	5598	5599
12.0	5600	5548	5558	5568	5578	5589	5591	5594	5597	5599	5600	5600	5600	5600
12.5	5600	5576	5582	5587	5592	5598	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600
13.0	5600	5587	5590	5594	5597	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
13.5	5600	5593	5595	5597	5598	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
14.0	5600	5595	5596	5598	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
14.5	5600	5596	5597	5598	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
15.0	5600	5597	5598	5598	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
15.5	5600	5597	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
16.0	5600	5598	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
16.5	5600	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
17.0	5600	5599	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
17.5	5600	5599	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
18.0	5600	5594	5595	5596	5597	5598	5598	5598	5598	5599	5599	5599	5600	5600
18.5	5568	5528	5532	5536	5540	5544	5548	5551	5555	5558	5562	5565	5571	5574
19.0	5418	5335	5343	5351	5359	5367	5374	5381	5388	5396	5403	5410	5425	5432
19.5	5179	5073	5082	5091	5100	5110	5120	5129	5139	5149	5159	5169	5189	5199
20.0	4894	4796	4804	4812	4820	4828	4837	4846	4855	4864	4874	4884	4903	4913
20.5	4609	4516	4525	4533	4541	4549	4558	4566	4575	4584	4592	4601	4618	4628
21.0	4329	4242	4250	4257	4265	4272	4280	4288	4295	4303	4312	4320	4338	4346
21.5	4043	3960	3967	3974	3982	3989	3996	4004	4011	4019	4027	4035	4051	4059
22.0	3764	3689	3696	3702	3709	3715	3722	3729	3736	3744	3750	3757	3772	3780
22.5	3488	3414	3420	3425	3431	3437	3444	3451	3458	3465	3473	3480	3495	3501
23.0	3203	3133	3139	3145	3151	3156	3164	3170	3178	3184	3191	3197	3209	3214
23.5	2914	2849	2855	2860	2866	2872	2878	2885	2891	2897	2903	2909	2920	2926
24.0	2616	2551	2556	2562	2567	2573	2579	2585	2591	2598	2604	2610	2622	2627

Figura 4 - Curva della potenza al variare di velocità e densità dell'aria

La curva di potenza è definita in conformità alla norma IEC61400/12 "Power performance measurements of electricity producing wind turbines"

<sup>3</sup> Si veda documento "Performance Specification V162-5.6 MW 50/60 Hz – Document nr.: 0081-5098 V01 2019-01-24" di Vestas Wind Systems

## A.2 VESTAS V136-4.0/4.2 MW

La turbina eolica Vestas V136-4.0/4.2 MW è una turbina con regolazione del passo con imbardata attiva e rotore sopravento a tre pale. Il diametro del rotore è di 136 m e la potenza nominale di 4.0 MW. La versione scelta per il Parco Eolico Piano di Spina è dotata di modalità Power Optimized (PO) che eleva la potenza a 4.2 MW.

Le caratteristiche ambientali riassunte nella seguente tabella<sup>4</sup> sono compatibili con i dati di progetto ma la scelta finale della turbina dovrà essere validata da Vestas.

Wind Climate	IEC IIB	IEC S
Hub Height	82 m	82 m
Power Rating	4.0MW	4.2MW
Wind Speed (10 min average), $V_{ave}$	8.5 m/s	8.0 m/s
Weibull Scale Factor, $C$	9.6 m/s	8.9 m/s
Weibull Shape Factor, $k$	2.0	2.0
$I_{ref}$ acc. to IEC 61400-1	0.14	0.14
Turbulence Intensity acc. to IEC 61400-1, Including Wind Farm Turbulence (@15 m/s) $I_{90}$ (90% quantile)	15.7%	15.7%
Wind Shear, $\alpha$	0.20	0.20
Inflow Angle (vertical)	8°	8°

Tabella 2 - Caratteristiche V136 4/4.2MW per Hh82m

## EMISSIONE ACUSTICA

Sound Power Level at Hub Height		
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): $0 \pm 2^\circ$ Air density: $1.225 \text{ kg/m}^3$	
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Mode 0 (Blades with serrated trailing edge)	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Mode 0-0S (Blades without serrated trailing edge)
3	90.9	93.1
4	91.1	93.6
5	92.8	96.4
6	95.9	99.9
7	99.5	103.1
8	102.8	105.9
9	103.9	106.9
10	103.9	106.9
11	103.9	106.9
12	103.9	106.9
13	103.9	106.9
14	103.9	106.9
15	103.9	106.9
16	103.9	106.9

Tabella 3 - Emissione V136-4.2 MW Hh 82 m in configurazione Mode 0

<sup>4</sup> Si veda documento "Performance Specification V136-4.0/4.2 MW 50/60 Hz (Low HH)" – Document nr 0067-7066 V07 del 2020-04-14 – Vestas Wind System

## CURVA DI POTENZA

Nella tabella<sup>5</sup> seguente è riportata la curva di potenza (espressa in kW) in Mode 0

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m <sup>3</sup> ]													
	1.225	0.95	0.975	1.0	1.025	1.05	1.075	1.1	1.125	1.15	1.175	1.2	1.25	1.275
3.0	55	31	33	35	38	40	42	44	46	48	51	53	57	59
3.5	130	89	93	97	100	104	108	111	115	119	122	126	133	137
4.0	220	159	165	170	176	182	187	193	198	204	209	215	226	231
4.5	331	245	253	260	268	276	284	292	299	307	315	323	338	346
5.0	471	353	364	374	385	396	407	417	428	439	449	460	481	492
5.5	639	483	497	511	526	540	554	568	582	596	610	624	653	667
6.0	841	640	659	677	695	714	732	750	768	787	805	823	860	878
6.5	1080	826	849	872	895	919	942	965	988	1011	1034	1057	1104	1127
7.0	1361	1044	1073	1102	1131	1160	1189	1218	1247	1276	1304	1333	1390	1419
7.5	1681	1293	1329	1364	1399	1435	1470	1505	1541	1576	1611	1646	1715	1750
8.0	2042	1578	1620	1663	1706	1748	1790	1833	1875	1917	1959	2000	2083	2124
8.5	2441	1897	1947	1998	2048	2099	2148	2198	2247	2296	2345	2393	2488	2535
9.0	2845	2242	2300	2358	2415	2473	2527	2582	2636	2691	2742	2794	2894	2943
9.5	3214	2591	2652	2713	2774	2836	2892	2948	3004	3060	3111	3163	3263	3311
10.0	3547	2923	2985	3048	3110	3172	3228	3284	3340	3396	3447	3497	3592	3637
10.5	3809	3228	3290	3354	3416	3480	3532	3585	3638	3691	3731	3770	3838	3867
11.0	3949	3504	3561	3618	3676	3733	3772	3810	3849	3888	3908	3929	3960	3972
11.5	3992	3739	3781	3824	3866	3908	3925	3942	3959	3976	3981	3986	3994	3996
12.0	3999	3902	3921	3940	3960	3979	3983	3988	3992	3996	3997	3998	3999	4000
12.5	4000	3970	3977	3983	3990	3996	3997	3998	3999	4000	4000	4000	4000	4000
13.0	4000	3992	3994	3996	3997	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
13.5	4000	3994	3995	3997	3998	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14.0	4000	3998	3998	3999	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14.5	4000	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15.0	4000	3999	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
25.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
25.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
26.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
26.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
27.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000

Figura 5 - Curva della potenza al variare di velocità e densità dell'aria

<sup>5</sup> Si veda documento "Performance Specification V162-5.6 MW 50/60 Hz – Document nr.: 0081-5098 V01 2019-01-24" di Vestas Wind Systems

## Componenti dell'impianto

### **Pale:**

- ✓ Numero: 3
- ✓ Lunghezza: 79.35 m V162 e 66.66 m V136
- ✓ Materiale: materiale composito a matrice epossidica rinforzata con fibra di carbonio e Tip metallico.

### **Rotore:**

- ✓ Diametro: 162m per V162 e 136 m per V136
- ✓ Area spazzata: 20612 m<sup>2</sup> per V162 e 14.527 m<sup>2</sup> per V136
- ✓ Rotazione: oraria (vista frontale)
- ✓ Orientamento: sopravento
- ✓ Angolo di tilt: 6°
- ✓ Intervallo funzionamento 4.3 – 12.1 rpm (V162) e 5,6 – 14 rpm (V136)

### **Navicella/mozzo:**

- ✓ Pitch System:
  - Tipo: idraulico
  - Numero: uno per ogni pala
  - Intervallo: da -5° a 95° (V162) da -10° a 95° (V136)
  - Tipo: a due stadi;
  - Lubrificazione: olio a pressione
- ✓ Moltiplicatore (Gearbox):
  - Tipo: a due stadi;
  - Lubrificazione: olio a pressione
- ✓ Generatore e convertitore di frequenza:
  - Generatore: sincro a magneti permanenti (V162) e asincro a doppia alimentazione (V136).
  - Numero di poli: 36 Potenza: 5650 kW (V162)
  - Numero poli: 6 con Potenza 4.250/ 4.450 kW (V136)
  - Classe Isolamento: H
  - Protezione IP54
- ✓ Trasformatore:

- Trasformatore trifase a due avvolgimenti
- Immerso in liquido isolante (V162) - A secco (V136)
- Design ecocompatibile nel rispetto del regolamento UE 2019/1783 (classe 2) – (V162)
- Design ecocompatibile nel rispetto del regolamento UE 2014/548 (V136)
  
- ✓ Sistema Yaw di orientamento della navicella
  - Motori e riduttori
  - Ralla di collegamento
- ✓ Sistema freni
- ✓ Unità di controllo superiore
- ✓ Sistema rilevamento/misura vento
- ✓ Captatori sistema parafulmine

**Torre:**

- ✓ Tubolare/conica
- ✓ Altezza mozzo: 125m (V162) - 86 m (V136)
- ✓ Collegamento di potenza e di segnale fra la base e la navicella
- ✓ Circuito d'illuminazione
- ✓ Sistema monofase di alimentazione dell'unità di controllo
- ✓ Sistema monofase per l'alimentazione della resistenza di riscaldamento
- ✓ Unità di controllo inferiore
- ✓ Quadro dei servizi ausiliari
- ✓ Quadro di media tensione
- ✓ Collegamenti sistema equipotenziale e di messa a terra.

### A.3 Trasformatore bordo macchina

In entrambe le macchine, il trasformatore è posto nella navicella, per cui non c'è più la necessità di una cabina esterna di trasformazione.

Un esempio di modulo contenente i componenti elettrici è mostrato nella figura seguente. Il modulo è diviso in quattro livelli e il trasformatore si trova in quello inferiore, che stabilisce la connessione con la rete di media tensione.

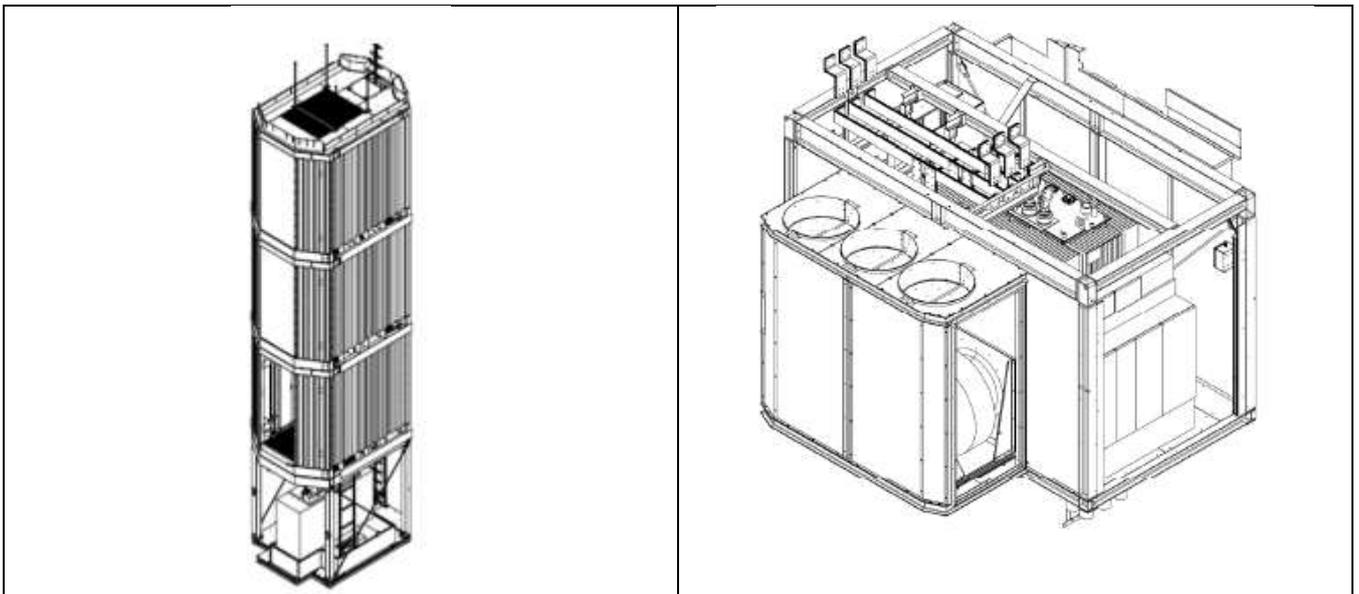


Figura 6 - Sistema di trasformazione



Figura 7 - Componenti del sistema (sistema BT, trasformatore, sistema MT)



Figura 8 - Cavo di MT

## A.4 Sistemi di sicurezza

I sistemi di sicurezza garantiscono un'operatività sicura per la macchina, in accordo con gli *standard* internazionali.

- ✓ gestione indipendente delle pale mediante motoriduttori dotati di sistema UPS
- ✓ Sensori ridondanti per la rilevazione delle temperature e numero di giri
- ✓ Sbarre conduttrici e cavi schermati per la protezione della persona e delle apparecchiature;
- ✓ Freno meccanico di arresto del rotore

### A.4.1 SISTEMA DI FRENATURA

La velocità della turbina è ridotta, come detto, tramite il controllo del passo delle pale, senza l'applicazione di carichi aggiuntivi al sistema di trasmissione.

Il rotore viene completamente fermato in caso di manutenzione o di emergenza; in tali casi viene utilizzato un freno addizionale. Esso non si attiva finché il rotore non è parzialmente frenato dal controllo del passo; il sistema di *pitch* è affiancato da un sistema ausiliario di potenza nel caso di emergenze.

### A.4.2 SISTEMA ANTIFULMINE

Il sistema di protezione dai fulmini è basato sui seguenti criteri:

- ✓ protezione antifulmine interna ed esterna conforme alla direttiva IEC
- ✓ sistema antifulmine esterno con ricettori sulle pale e parafulmine posto presso l'anemometro di navicella
- ✓ protezione sicura contro le scariche grazie a percorsi di scarica predefiniti
- ✓ inserto in fibra di vetro per la separazione galvanica del generatore dal moltiplicatore
- ✓ conduttore di sovratensioni per la protezione del sistema elettrico
- ✓ protezione completa del generatore grazie all'isolamento degli alloggiamenti dei cuscinetti

Il sistema di protezione è composto dai seguenti elementi:

- L.P.S. (*Lightning Protection System*)
- Rete di terra

La rete di terra è costituita da una serie di conduttori in rame nudi collegati con la struttura metallica della torre, posati all'interno dello scavo della fondazione dell'aerogeneratore in quantità adeguata, in conformità con la normativa vigente in merito alla sicurezza degli impianti elettrici.

L'L.P.S. è necessario al fine di poter captare l'energia dei fulmini e convogliarla, in sicurezza, a terra. A tal fine viene utilizzato un parafulmine a punta sulla navicella e un captatore con cavo metallico inglobato in ciascuna pala e nella navicella; entrambi i sistemi sono collegati ad una rete di conduttori che scendono all'interno della torre e convogliano la corrente captata nella rete di terra.

Oltre al sistema L.P.S., alla rete di terra saranno collegati tutti i circuiti di terra della cella di MT, del sistema di controllo e del circuito di BT della turbina.

I sistemi di sicurezza garantiscono un'operatività sicura per la macchina, in accordo con gli standard internazionali.

#### A.4.3 SISTEMA DI SENSORI

Un sistema di monitoraggio garantisce la sicurezza della turbina. Tutti i parametri (velocità del rotore, temperatura, carichi, oscillazioni...) sono monitorati da sistemi elettronici. Se questi hanno un guasto, entrano in funzione i sistemi meccanici di sicurezza. Nel caso uno dei sensori registri un guasto serio, la turbina si ferma immediatamente.

## B. FONDAZIONI

Le fondazioni presentano due diverse soluzioni:

- diretta;
- a pali.

La scelta tra le due tipologie verrà eseguita appena saranno note le indagini geotecniche da eseguire su ogni posizione del lay-out.

Per entrambe le tipologie si prevede che il loro piano superiore sia ad almeno 1 metro dal piano di campagna: ciò garantirà, in fase di dismissione, la completa rimozione della struttura per un metro di profondità dal piano di campagna.

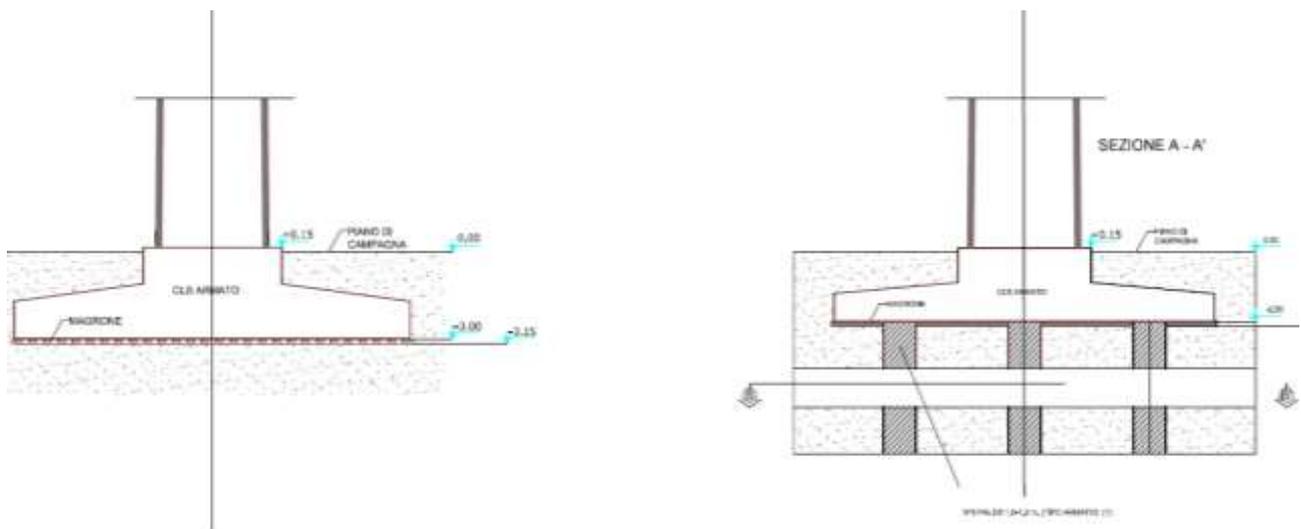


Figura 9 – Tipico sezione fondazione (diretta e a pali)

È necessario predisporre, oltre alle fondazioni per le macchine eoliche, anche apposite piazzole e vie di accesso per le operazioni di installazione e manutenzione.

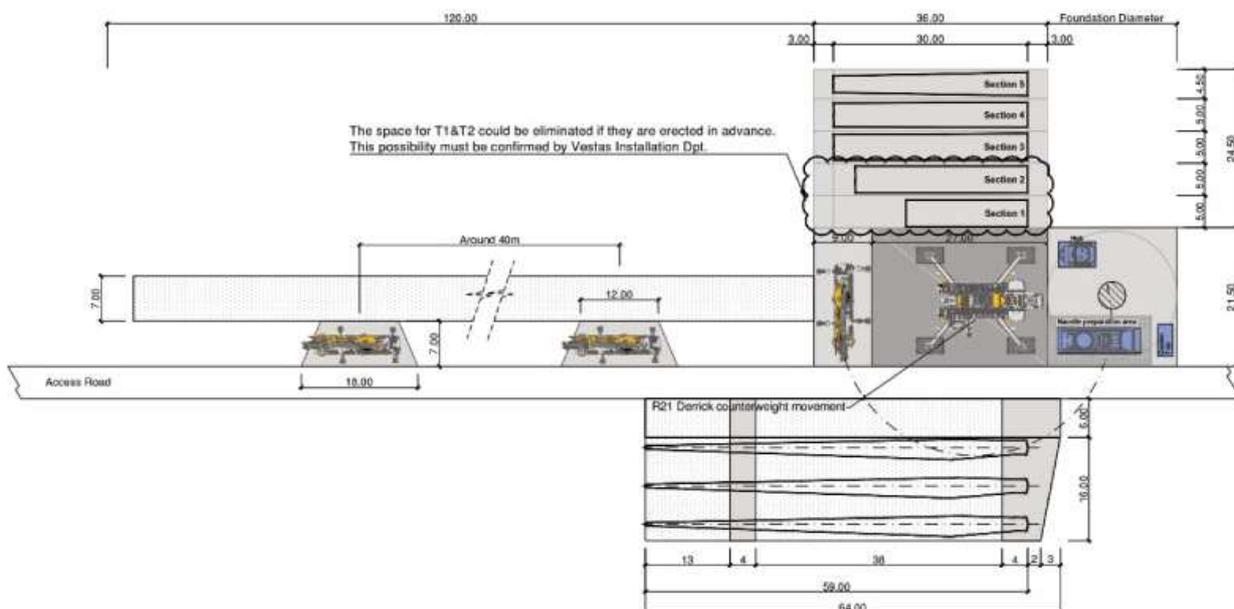


Figura 10 - Schema di piazzola, vie di accesso e posizionamento gru

## C. RETE DI ALLACCIO

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata da Terna<sup>6</sup> prevede il collegamento dell’Impianto eolico Piano della Spina in antenna a 150kV su futura Stazione Elettrica SE di smistamento a 150kV della RTN da inserire in entra.esce alla linea 150 kV “Genzano – Palazzo San Gervasio – Forenza Maschito” previa realizzazione di:

- Nuova SE di trasformazione 380/150kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV “Genzano 380 – Melfi 380”
- Un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento tra le future SE suddette.

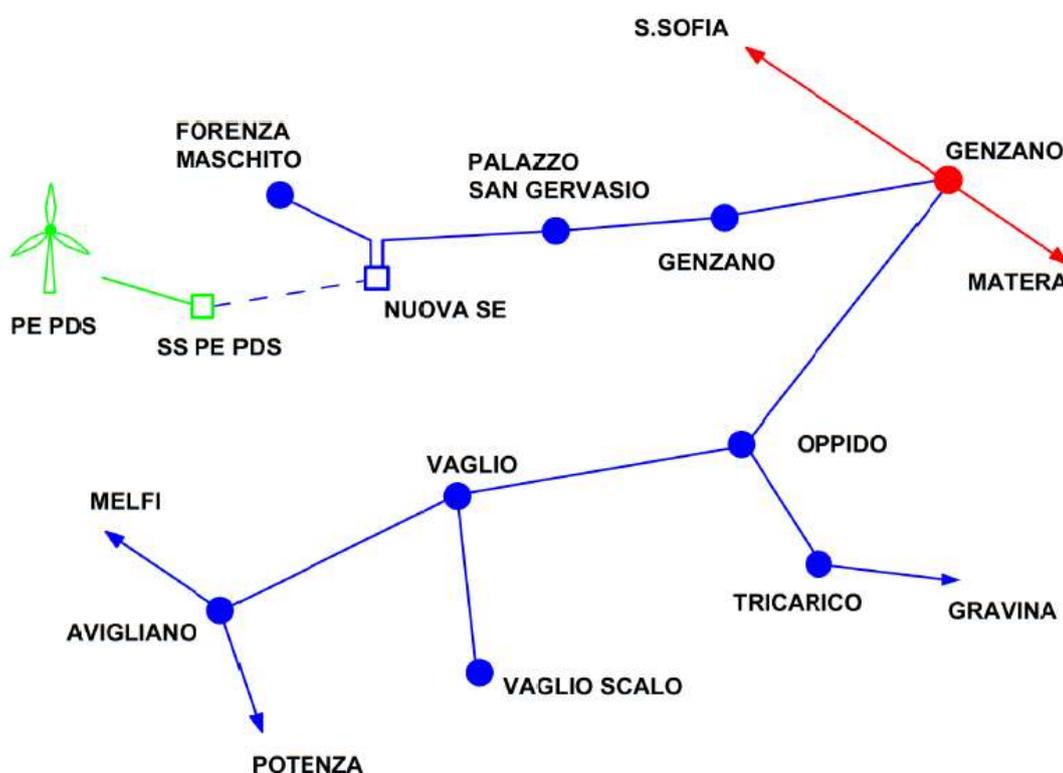


Figura 11 Allaccio alla Rete Nazionale

dove:

	Linea 30 kV PE Piano della Spina		Sottostazione PE PdS
	Linea PE 150 kV		Stazione RTN 150 kV
	Linea RTN 150 kV		Nuova stazione RTN 150 kV
	Linea RTN 380 kV		Stazione RTN 380/150 kV

<sup>6</sup> Codice pratica: 202001335 – Comuni di Palazzo San Gervasio e Forenza (PZ) – Preventivo di connessione 35237571.

## **D. SOTTOSTAZIONE DI ALLACCIO**

### **D.1 Schema di allaccio**

Il sito per la connessione è stato scelto in quanto è:

- ✓ su strade pubblica con un accesso diretto;
- ✓ vicinanza alla progettata Stazione Elettrica da 150 kV di proprietà di Terna Spa;
- ✓ lontano dai centri abitati, abitazioni e da insediamenti di qualsiasi natura e genere.

L'impianto di "UTENZA" a 150 kV è stato ubicato a sud della SE di Terna Spa ed individuato catastalmente al foglio n. particelle con accesso dalla strada comunale del comune di Palazzo San Gervasio (PZ) con accesso da altre strade pubbliche presenti in zona di facile accessibilità.

L'individuazione del sito e la sistemazione della stazione elettrica nello stesso risultano facilitati sia dalla dimensione del lotto individuato, sia dalla vicinanza delle stazione 150 kV in parola e sia soprattutto dalla mancanza di qualsiasi tipo di infrastruttura agricola e/o residenziale in genere.

La Stazione Elettrica Utente a 150 kV interesserà un'area di circa 30\*50 m e verrà interamente recintata; sarà connessa in "antenna" alla stazione di RETE 150 kV di Terna Spa.

Per raggiungere sia la nuova Stazione Elettrica 150 kV di Terna Spa e sia il punto di consegna si utilizzeranno strade ad uso pubblico.

La realizzazione del collegamento "in antenna" avverrà con linea aerea a 150 kV con campata unica che si attesterà sui portali di ammarro delle rispettive stazioni (Rete ed utente).

### **D.2 Edificio Quadro MT e Locale Misura**

Il manufatto sarà in muratura o del tipo in prefabbricato autoportante, poggiato direttamente sul basamento in cemento armato e sarà destinato esclusivamente all'alloggiamento delle apparecchiature elettriche facenti parte del complesso dell'impianto primario (scomparti MT protetti per TV TR e linee; servizi ausiliari, di controllo e di protezione; raddrizzatori e batterie tampone etc.).

Nell'edificio è sito anche il locale di misura e, opportunamente protetto da apposita rete metallica intelaiata, un TR MT/BT di potenza per alimentare i circuiti di illuminazione, di forza motrice e di quanto necessario al comando, controllo, protezione e segnalazione delle diverse apparecchiature elettriche presenti nell'impianto primario

Il locale misure con accesso indipendente direttamente dal piazzale esterno antistante;

Un unico edificio conterrà i quadri 30 kV ove si assesteranno le linee MT proveniente dalla cabine MT di raccolta dell'energia realizzata nelle vicinanze del parco integrato, la sala protezione e di telegestione nonché la sala dei SA in c.a. e c.c. alimentati dalla batteria.

A servizio di dette strutture è stata studiata una viabilità sia esterna e sia interna che prevede l'accesso diretto ed indipendente.

La recinzione lungo il perimetro del lotto è del tipo a "a pettine" in elementi prefabbricati di altezza così come prevede la normativa vigente.

### D.3 Trasformatore

Il macchinario principale sarà costituito da n° 1 trasformatore 30/150 kV le cui caratteristiche principali sono:

- ✓ Potenza nominale 85/90 MVA
- ✓ Tensione nominale 150/30 kV
- ✓ Vcc% 10%
- ✓ Commutatore sotto carico variazione del  $\pm 10\%$  Vn con +5 e -5 gradini
- ✓ Raffreddamento ONAN/ONAF
- ✓ Gruppo DYn11
- ✓ Potenza sonora <82 dB (A)



Figura 12 Trasformatore di Potenza

## D.4 Apparecchiature

Le principali apparecchiature costituenti il nuovo impianto sono interruttori, sezionatori per connessione delle sbarre AT, sezionatori sulla partenza linee con lame di terra, scaricatori di sovratensione ad ossido metallico a protezione degli autotrasformatori, trasformatori di tensione e di corrente per misure e protezioni, bobine ad onde convogliate per la trasmissione dei segnali.

Le principali caratteristiche tecniche complessive della stazione saranno le seguenti:

- ✓ Tensione massima sezione 150 - 170 kV
- ✓ Frequenza nominale 50 Hz

Correnti limite di funzionamento permanente:

- ✓ Potere di interruzione interruttori 150 kV 40 kA
- ✓ Corrente di breve durata 150 kV 40 kA
- ✓ Condizioni ambientali limite -25/+40 °C
- ✓ Salinità di tenuta superficiale degli isolamenti:
- ✓ Elementi 150 kV 14 g/l

Disposizione elettromeccanica: Quadro 150 kV

La sezione 150 kV con isolamento in aria sarà costituita da:

- ✓ n° 1 stallo linea per il collegamento alla stazione di Terna;
- ✓ n° 1 stallo TR AT/MT;

Il "montante trasformatore" (o "stallo TR") sarà equipaggiato con sezionatore, interruttore in SF<sub>6</sub>, scaricatori di sovratensione ad ossido di zinco e TA/TV per protezioni e misure.

L'impianto di utente sarà inoltre dotato di una fondazione/vasca raccolta olio per il TR, opportunamente dimensionata secondo il particolare costruttivo, allo scopo di evitare fuoriuscita di olio nel terreno circostante in caso di guasto dei macchinari;

Nella immagine riportata (confronta Tav. A16c1) sono riportati:

- 1) Terminale cavo At
- 2) Scaricatore At
- 3) Trasformatore di tensione capacitivo
- 4) Sezionatore orizzontale con lame di terra
- 5) Interruttore tripolare
- 6) Trasformatore di corrente
- 7) Trasformatore di tensione induttivo
- 8) Portale sbarre
- 9) Trasformatore di potenza At

- 10) Interruttore tripolare
- 11) Mat neutro
- 12) Isolatore rompitratta



Figura 13 Sezione B-B Sottostazione

## D.5 Servizi Ausiliari

I Servizi Ausiliari (S.A.) della Stazione Elettrica saranno progettati e realizzati con riferimento agli attuali standard delle stazioni elettriche AA.TT..

Saranno alimentati da trasformatori MT/BT derivate dalle sbarre del quadro MT, integrati da un gruppo elettrogeno di emergenza che assicuri l'alimentazione dei servizi essenziali in caso di mancanza tensione alle sbarre dei quadri principali BT.

Le principali utenze in corrente alternata sono: pompe ed aereotermi dei trasformatori, motori interruttori e sezionatori, raddrizzatori, illuminazione esterna ed interna, scaldiglie, ecc.

Le utenze fondamentali quali protezioni, comandi interruttori e sezionatori, segnalazioni, ecc., saranno alimentate in corrente continua a 110 V tramite batterie tenute in tampone da raddrizzatori.

## D.6 Edifici

La struttura degli edifici sarà realizzata a telai in cemento armato e sarà calcolata secondo le leggi 1086/71, 64/74 e D.M. 17.01.2018 e s.m.i.

Le fondazioni verranno scelte a seguito dello studio geologico-tecnico.

La costruzione degli edifici è in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile.

La copertura a tetto è a falda, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale.

Particolare cura sarà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge n. 373 del 04/04/1975 e successivi aggiornamenti nonché alla Legge n. 10 del 09/01/1991, il D.Lgs. 192/05 e successivi regolamenti di attuazione.

All'interno di detti edifici sono stati ricavati tutti i locali per le apparecchiature MT, bt e di telecontrollo, locale protezione e gestione dell'impianto nonché il locale misure.

#### **D.7 Locale di Servizio per Operatori Gestore**

Il locale sarà posizionato adiacente al locale di misura ed avrà dimensioni conformi alle specifiche indicazioni ricevute dall'ENEL/TERNA ed alle relative prescrizioni.

Tale edificio sarà riservato agli operatori ENEL/TERNA per i loro interventi di manutenzione e/o di esercizio.

#### **D.8 Impianto di Terra**

L'impianto di utenza disporrà di un proprio impianto di terra consistente in una rete equipotenziale di resistenza totale adeguata ai valori di corrente di guasto a terra e ai tempi di intervento delle relative protezioni.

Tali valori di riferimento saranno certificati all'utente, a presentazione richiesta, dalla comunicazione ENEL.

La maglia dell'impianto di terra sarà realizzata con treccia di rame nudo interrato, collegato ad idonei dispersori di profondità tramite opportuni connettori a compressione.

L'impianto di terra sarà rispondente alla Norma CEI11.1 e quindi a valori di tensione di passo e di contatto ammissibili.

Tutte le masse metalliche saranno collegate a detto impianto di terra così come previsto dalle Norme, unitamente alla realizzazione delle messe a terra di funzionamento delle diverse apparecchiature elettriche.

#### **D.9 Impianto di Illuminazione Esterna ed Edifici**

L'area esterna sarà illuminata da un impianto costituito da sostegni metallici in lamiera diritti provvisti di proiettori e posti su adeguate fondazioni in calcestruzzo.

I proiettori saranno del tipo a scarica, orientabili e in numero tale da assicurare un livello di illuminazione medio adeguato.

L'accensione dell'impianto sarà comandata da un interruttore crepuscolare di adeguate caratteristiche.

La tensione di alimentazione dell'impianto sarà 230/400 V.

Gli edifici (ENEL ed utente) prevedono la realizzazione di un impianto luce e forza motrice, con caratteristiche ignifughe, adeguati alle esigenze e rispondenti alle Norme CEI vigenti.

In particolare l'impianto luce interno sarà realizzato con apparecchiature illuminanti a tubi fluorescenti in grado di assicurare un livello di illuminamento medio non inferiore a 200 lux, mentre l'illuminazione del locale batteria sarà realizzato in ADF.

#### **D.10 Infrastrutture Accessorie di Supporto**

L'impianto primario è protetto e delimitato da una recinzione costituita da un muro di base in cemento armato, di altezza circa 1,50 metri, e di elementi prefabbricati sovrapposti fino ad ottenere un'altezza complessiva pari a 3,00 metri.

È chiaro che l'area disporrà di un cancello metallico carrabile e di un cancello pedonale dalla strada di accesso.

Le aree in cui verranno posizionate le apparecchiature elettriche saranno pavimentate in calcestruzzo con cordoli di delimitazione.

Tutte le restanti superfici, carrabili e non, verranno asfaltate con un primo strato di bynder ed un tappetino di usura a quota -0,30 metri rispetto al piano d'installazione delle apparecchiature elettriche.

Come già evidenziato, si provvederà alla raccolta e convogliamento delle acque piovane con la massima attenzione e pertanto si realizzerà il piazzale con pendenze adeguate tali da permettere il naturale scolo verso gli impluvi naturali.

I collegamenti MT tra il TR del quadro all'aperto e l'edificio quadro, i collegamenti BT tra il TR MT/BT di potenza e il quadro elettrico BT, tutti i collegamenti dei circuiti di segnalazione, di controllo e di comando delle apparecchiature, saranno realizzati mediante adeguati cavi di collegamento, alloggiati in appositi cavidotti, cunicoli e pozzetti, realizzati all'interno dell'area e dei locali, opportunamente segnalati e protetti.

## E. CAVIDOTTO

Il collegamento al sito è effettuato mediante un cavidotto interrato a 30kV di due o più terne.

È prevista una cabina di raccolta in uscita dalla zona del parco.

Lo schema del collegamento elettrico dell'impianto è descritto dall'unifilare di tav. A16b7.

In linea generale la definizione del tracciato è stata eseguita tenendo in considerazione i seguenti fattori:

- Minimizzazione dei percorsi;
- Far coincidere il tracciato con piste/strade esistenti o da costruire;
- Nessuna interferenza con l'area archeologica;
- Evitare il più possibile l'attraversamento di centri abitati;
- Impattare al minimo con l'area del tratturo della Marina.

Il ripristino dopo lo scavo sarà curato al fine di rendere agevole ed idoneo il transito sia alle macchine agricole sia a tutti i mezzi di comune circolazione. Si provvederà inoltre all'apposizione di cippi segnalatori.

L'impatto ambientale dell'elettrodotto viene sostanzialmente annullato adottando la soluzione di completo interramento del cavo ad una profondità di almeno 120cm. La trincea avrà poi una larghezza di circa 70cm in singola o doppia terna, di almeno 90cm in tripla (o più) terna.

La posa avviene realizzando uno scavo largo avente le caratteristiche dimensionali secondo i tipici qui riportati.

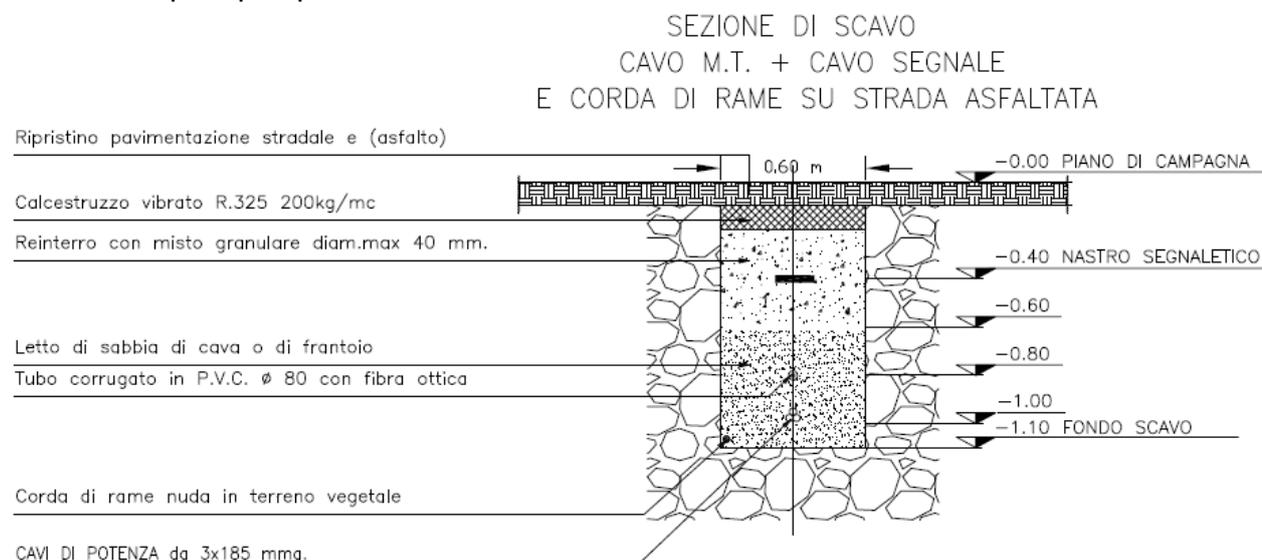


Figura 14 Tipico sistemazione cavidotto su strada

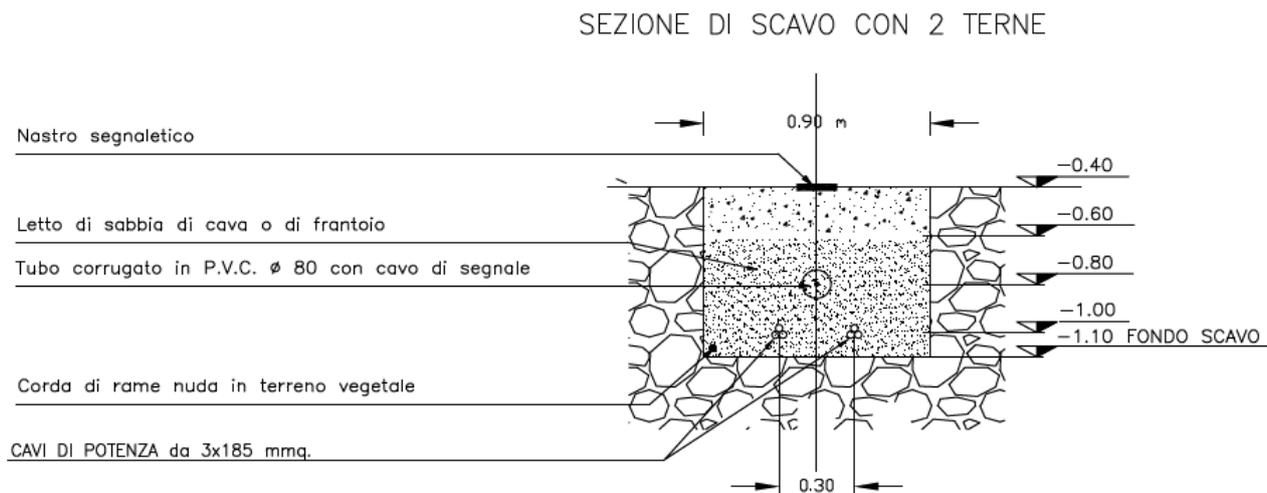


Figura 15 Tipico posizionamento di due terne

Poco al di sopra viene posizionato un elemento protettivo in resina ed a una profondità di 30cm viene posto un nastro segnalatore per evitare il rischio di interferenze con nuovi scavi.

Lo scavo, la posa del conduttore e la ricopertura avvengono in rapida successione in modo da ridurre al minimo il disagio.

All'interno delle trincee verrà preparato un fondo in materiale inerte sabbioso e verranno posati i 3 conduttori (uno per fase) insieme alla corda di rame nuda per la messa a terra dell'impianto. Successivamente questi saranno ricoperti dello stesso materiale inerte e protetti con elemento in resina. Parallelamente ai cavi di potenza sarà collocato un cavo a fibra ottica a cui è affidata la funzione di trasmissione dati all'interno del parco eolico e della cabina di consegna e trasformazione. Infine, dopo aver posato il nastro segnalatore, si procederà alla copertura con il terriccio originariamente asportato.

La rimozione delle pavimentazioni stradali sarà eseguita limitatamente alla larghezza dello scavo strettamente necessaria alla posa dei cavi. Il loro reintegro sarà eseguito adoperando il criterio del ripristino della situazione esistente, e si provvederà alla ricollocazione e/o reintegro, se necessario, di eventuali cippi, barriere e segnali preesistenti.

In definitiva il percorso del cavo sarà segnalato mediante nastro monitore e cippi in superficie.

La linea di potenza sarà costituita da conduttori di rame o alluminio e presumibilmente, salvo più puntuale dimensionamento, di sezione pari a 185mmq ciascuno, isolato con gomma etilenpropilenica ad elevato modulo di qualità G7 e protezione esterna a mezzo di guaina in PVC aventi tensione nominale pari  $U_0/U = 18/30$  kV.

Il cavo di segnale è del tipo multifibre armato con polimeri ad alta resistenza e privo di parti metalliche, protetto all'interno di un tubo corrugato in PVC.

La costruzione dell'elettrodotto interrato avverrà nel pieno rispetto delle Norme CEI osservando in ogni caso le disposizioni di cui al DPCM del 23.04.92 recante norme "Sui limiti massimi di esposizione ai campi elettrico-magnetici".

La linea elettrica interrata a 30kV si dispone nella classificazione di sistema di II categoria e pertanto si considerano pertinenti le seguenti norme:

1. la Norma CEI 11-17 relativa ad “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo“. Questa norma è perfettamente congruente a quanto indicato nella Norma 103-2 recante disciplina sulla costruzione di “Reti ed apparati per servizi di telecomunicazione” oltre che nelle Direttive CCITT. In particolare l’applicazione della norma va riferita ai raggi di curvatura e sezioni di posa (cap. II – Sez. 3), alle interferenze con altri cavi e strutture (Cap.IV sez.1 – 2 - 3 – 5), ai cavi di telecomunicazione e di comando/segnalamento (par. 4.1.01 – 4.1.04), alle tubazioni metalliche esistenti (par. 4.3.01 e 4.03.02 ), ai gasdotti (modalità da definire con proprietario/gestore in accordo con quanto stabilito dal D.M. 24.11.1984) ai serbatoi liquidi e gas infiammabili (par. 4.03.04) ed infine agli attraversamenti di strade provinciali e statali in accordo con le disposizioni di cui al D.M. 21.03.1988 (Cap.4 Sez.4 ).
2. la Norma CEI 103-6 relativa alla “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche in caso di guasto”.

Nella fattispecie non viene considerata applicabile la norma CEI 11-4 relativa alla “Esecuzione delle linee elettriche in aree esterne “; va segnalato, inoltre, che il cavo di segnale affiancato al cavo di energia è costituito da conduttori in fibra ottica rivestiti da guaine ed armature realizzate esclusivamente in materiale isolante.

Nel caso di attraversamento di aree a rischio frana si procederà con tutte le tecniche e cautele del caso secondo le normative applicabili (scavo a 45° etc) in accordo con Geologo e con gli Enti Preposti.

## **F. SISTEMI DI CONTROLLO**

Il sistema di controllo degli aerogeneratori consiste in un insieme di interventi che permettono di ottimizzare la resa energetica della macchina, di salvaguardarne la sicurezza, di limitare la potenza, di gestire l'arresto di emergenza e di garantirne la supervisione continua anche da remoto.

Il sistema è dotato di appositi sensori, la cui affidabilità è costantemente controllata, e che rilevano le condizioni ambientali e di funzionamento.

Il sistema di controllo risponde coerentemente ai segnali provenienti dai sensori, garantendo la produzione elettrica ottimale.

### **F.1 Accensione**

Quando l'aerogeneratore viene acceso, procede eseguendo una serie di controlli per verificare l'assenza di eventuali segnali di errore.

Se la macchina risulta "pronta", il sistema è pronto per l'utilizzo. I sensori rilevano quindi la velocità del vento e la sua direzione. Tramite il sistema yaw il rotore viene posizionato controvento. Si passa in modalità di funzionamento minimo e il rotore comincia a ruotare lentamente.

In questa condizione (ad esempio per mancanza di vento), la posizione delle pale viene modificata in modo da ridurre la velocità di rotazione. Il funzionamento al minimo (IDLING) riduce il carico e permette la ripartenza della turbina nel minor tempo possibile.

Se la velocità media supera quella di cut-in per un tempo stabilito, la macchina accelera ed entra in produzione..

### **F.2 Condizione Nominale di Funzionamento**

Durante il normale funzionamento le condizioni di vento sono costantemente monitorate: la velocità del rotore, la corrente di eccitazione del generatore e l'output sono ottimizzati, la posizione della navicella viene modificata in relazione alla direzione del vento e sono registrati tutti i messaggi provenienti dai sensori.

Nel caso di superamento della velocità di cut-out la macchina è messa in sicurezza e smette di produrre energia. Quest'ultima riprende non appena la velocità scende sotto quella di re-cut-in.

### **F.3 Fermata**

La macchina può essere fermata manualmente oppure tramite il sistema di controllo, nel caso vengano registrati errori o per particolari condizioni di vento.

La procedura di shutdown può variare a seconda della motivazione della fermata; nel normale arresto (carenza di vento, raffica, etc.) il sistema agisce aerodinamicamente cambiando il passo delle pale (pitch control), riducendo così la portanza e di conseguenza la velocità del rotore. Nel caso di arresti di emergenza, la procedura è molto rapida, entrano in azione freni ausiliari ed eventualmente anche quelli ad azionamento meccanico.

## G. RACCORDI LINEE AT AEREE CON PROFILI DEI CAMPI ELETTRICITÀ

Per quanto riguarda l'impianto riguardante il collegamento dell'impianto con il punto di allaccio TERNA non sono previsti raccordi di linee AT aeree, salvo che la stessa non sia richiesta direttamente vista la vicinanza tra la Stazione Elettrica di Vaglio e la Sottostazione di allaccio.

Il collegamento ha una lunghezza è di poche decine di metri e l'impatto magnetico al suolo diminuisce rapidamente all'aumentare della distanza dall'asse della linea (vedi linea D nella figura successiva).

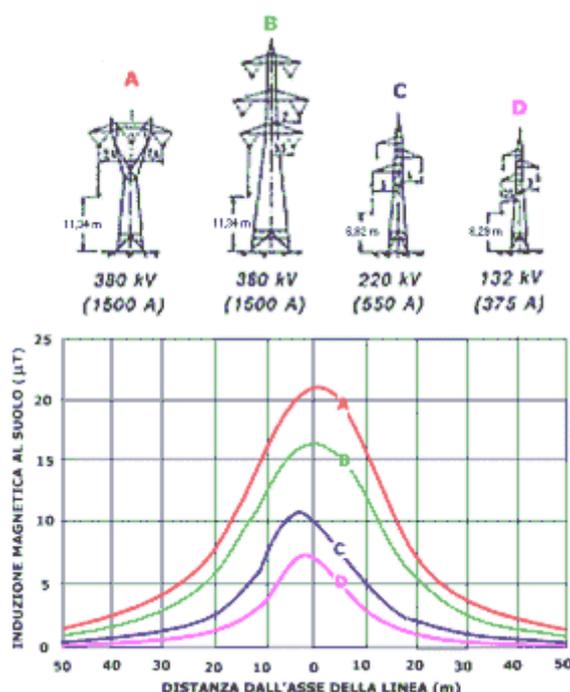


Figura 16 Elettrodotti - induzione magnetica per linee elettriche

Per il calcolo dell'induzione magnetica si ricorre alla legge di Biot-Savart che esprime in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica  $B$  generata da un conduttore rettilineo percorso da una corrente  $I$ , attraverso la formula:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d}$$

dove:

$\mu_0$  = permeabilità magnetica nel vuoto

$I$  = corrente

$d$  = distanza tra conduttore e punto di calcolo

L'energia, prima di essere immessa in rete viene elevata alla tensione di 150 kV mediante una stazione di trasformazione AT/MT costituita da un trasformatore di potenza da 40/50 MVA.

Facendo riferimento alla precedente immagine (curva D) si vede che a 30m di distanza il valore è inferiore ai  $0,2 \mu\text{T}$ .

Prendendo a riferimento lo studio di Legambiente<sup>77</sup>, nel campo delle basse frequenze il limite di esposizione indicato sia per i nuovi che per i vecchi elettrodotti è di 0,5 microtesla come valore di attenzione per tutte le strutture adibite a permanenze superiori alle 4 ore giornaliere, e di 0,2 microtesla come Obiettivo di qualità, da tenere presente nello sviluppo di nuove aree urbane, edifici o altro.

Pertanto, considerando che l'elettrodotto è tutto praticamente nell'area della sottostazione e della stazione Terna e che non sono presenti luoghi dove è prevista la permanenza dell'uomo per più di 4 ore al giorno, l'impatto elettromagnetico del collegamento deve considerarsi del tutto trascurabile.

---

<sup>77</sup> ELETTRROMAGNETISMO - Minimizzare le esposizioni, gli strumenti e le normative - Legambiente