



Regione
Molise



Comune di
Riccia



Comune di
Cercemaggiore



Provincia di
Campobasso

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
alla località Paolina del Comune di Riccia (aerogeneratori)
e DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
nei Comuni di Riccia (CB) e Cercemaggiore (CB)

PROGETTO DEFINITIVO

RIC_REL.01
Relazione tecnica

Proponente



Rinnovabili Sud Due srl
Via Della Chimica, 103 - 85100 Potenza (PZ)

Formato

A4

Scala

-

Progettista

Ing. Gaetano Cirone

Ing. Adele Oliveto

Geol. Emanuele Bonanno



Revisione	Descrizione	Data	Preparato	Controllato	Approvato
00	Prima emissione	17/05/2022	Ing. A. Oliveto	Ing. G. Cirone	Ing. G. Cirone

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	6
2	DATI GENERALI DEL PROPONENTE.....	9
3	DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELLA FONTE UTILIZZATA ED ANALISI DELLA PRODUCIBILITA'	11
3.1	L'energia eolica	11
3.2	Dati di ventosità.....	14
3.3	Analisi della producibilità	14
3.3.1	Localizzazione impianto	15
3.3.2	Aerogeneratori	15
3.3.3	Dati ventosità	17
3.3.4	Analisi della produzione	17
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	20
4.1	Principali componenti del parco eolico.....	20
4.1.1	Aerogeneratori: principio di funzionamento e controllo	20
4.1.1.1	Principali componenti di un aerogeneratore	24
4.1.1.1.1	Rotore	25
4.1.1.1.2	Moltiplicatore di giri.....	28
4.1.1.1.3	Freni.....	28
4.1.1.1.4	Generatore elettrico.....	29
4.1.1.1.5	Trasformatore.....	29
4.1.1.1.6	Sistema di imbardata.....	29
4.1.1.1.7	Torre di sostegno.....	30
4.1.1.1.8	Sistema di controllo e di protezione	30
4.1.1.1.9	Dispositivi ausiliari	31
4.1.1.1.10	Navicella.....	31
4.2	Sicurezza dell'impianto	33
4.2.1	Protezione dalle sovracorrenti e dai guasti a terra.....	33
4.2.2	Protezione dai contatti accidentali.....	34
4.2.3	Protezione dalle sovratensioni	34
4.3	Fasi e modalità di esecuzione delle lavorazioni	36
4.4	Opere civili.....	36
4.4.1	Scavi e movimentazione terra	36
4.4.2	Fondazioni degli aerogeneratori.....	38



4.4.3	Piazzole di montaggio degli aerogeneratori.....	40
4.4.4	Strade	43
4.4.5	Fabbricati e piazzali	47
4.4.6	Fondazioni e cunicoli cavi	49
4.4.7	Smaltimento acque meteoriche e fognarie	49
4.4.8	Ingressi e recinzioni	49
4.4.9	Illuminazione	50
4.5	Opere ed infrastrutture elettriche	50
4.5.1	Descrizione del progetto elettrico	50
4.5.2	Componenti elettrici del parco eolico.....	51
4.5.3	Aerogeneratore	51
4.5.4	Convertitore di macchina	52
4.5.5	Linee MT.....	52
4.5.5.1	Descrizione del tracciato	52
4.5.5.2	Caratteristiche tecniche.....	54
4.5.5.3	Giunzioni, terminazioni ed attestazioni linee MT.....	55
4.5.5.3.1	Giunzione cavi.....	55
4.5.5.3.2	Terminazione ed attestazione cavi.....	56
4.5.5.3.3	Giunti di isolamento cavi.....	56
4.5.5.4	Posa dei cavi interrati.....	57
4.5.5.4.1	Modalità di posa	57
4.5.5.4.2	Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrate	59
4.5.5.4.2.1	Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici.....	59
4.5.5.4.2.2	Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione.....	59
4.5.5.4.2.3	Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione.....	59
4.5.5.4.2.4	Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate	60
4.5.5.5	Posa dei conduttori di terra	60
4.5.6	Impianti ausiliari	61
4.5.6.1	Impianto di illuminazione esterna	61
4.5.6.2	Impianto antiintrusione e videosorveglianza.....	61
4.5.6.3	Impianto rilevazione incendi.....	61
4.5.6.4	Fibra ottica e impianto di telecontrollo	63
4.5.7	L'impianto di accumulo elettrochimico	64



4.5.7.1	Definizioni	65
4.5.7.2	Descrizione dei componenti del BESS	65
4.5.7.3	Caratteristiche dei containers.....	66
4.5.7.4	Caratteristiche delle batterie.....	67
4.5.7.5	Collegamento sistema conversione in MT	67
4.5.7.6	Funzionalità del sistema BESS	67
4.5.7.7	Smaltimento a fine vita impianto	69
4.5.8	Impianto per la connessione	72
4.6	Interferenze	73
5	PIANO DI DISMISSIONE E DI RIPRISTINO DELLO STATO DEI LUOGHI.....	74
5.1	Programma di ripristino ambientale	76
5.2	Azioni proposte.....	76
5.3	QUANTIFICAZIONE DELLE OPERAZIONI DI DISMISSIONE DETTAGLI RIGUARDANTI LO SMALTIMENTO DEI COMPONENTI.....	78
5.3.1	Aerogeneratore in tutte le sue componenti.....	78
5.3.2	Linee elettriche ed apparati elettrici e meccanici	80
5.4	DETTAGLI RIGUARDANTI IL RIPRISTINO DELLO STATO DEI LUOGHI E I RELATIVI COSTI	80
5.4.1	Descrizione del ripristino dello stato preesistente dei luoghi.....	80
5.4.2	Computo metrico delle operazioni di dismissione.....	81
5.4.3	CRONOPROGRAMMA DELLE OPERAZIONI DI DISMISSIONE	81
6	VALORE COMPLESSIVO DELLE OPERE DA REALIZZARE	82
7	ANALISI COSTI/BENEFICI E RICADUTE ECONOMICHE E SOCIALI	84
7.1	Costo di produzione dell'Energia da Fonte Rinnovabile	84
7.1.1	Prezzo Di Vendita dell'Energia in Italia.....	84
7.2	Costi Esterni	86
7.3	Benefici Globali	87
7.4	Benefici Economici - Locali	89
7.5	RICADUTE ECONOMICHE E SOCIALI.....	91

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento opere di progetto su CTR.....	7
Figura 2 Inquadramento complessivo su IGM.....	8



Figura 3 Gruppo Società Proponente.....	10
Figura 4 Mappa eolica dell'unione Europea e dell'Italia	12
Figura 5 Velocità media annua del vento a 100 m s.l.t./s.l.m.	14
Figura 6 – Ubicazione aerogeneratori	15
Figura 7 Curva di potenza.	16
Figura 8 Curva Cp e Ct	16
Figura 9 Mappatura impianti considerati	17
Figura 10 – Ventosità sito progettuale.....	17
Figura 11 Produzione mensile.....	18
Figura 12 Produzione annuale in funzione del settore	19
Figura 13 – Aerogeneratore tripala	21
Figura 14 – Curva di potenza di una turbina eolica	23
Figura 15 – Particolare sezioni di una pala eolica	26
Figura 16 – Differenti tipologie di mozzo	27
Figura 17 – Dettaglio degli elementi costituenti la navicella	32
Figura 18 – Principali elementi di un aerogeneratore	33
Figura 19 Sezione platea aerogeneratore	39
Figura 20 Sezione platea – armatura e sistema di fissaggio.....	39
Figura 21 Tipologico piazzola di montaggio	41
Figura 22 Fasi costruttive e di dismissione delle piazzole	42
Figura 23 Stralcio CTR con strade comunali soggette ad interventi di adeguamento	44
Figura 24 Sezioni tipologiche	46
Figura 25 Planimetria impianto di accumulo elettrochimico.....	47
Figura 26 Piante container	48
Figura 27 Sezione A-A	48
Figura 28 Sezione B-B	48
Figura 29 Prospetto cancello di ingresso	50
Figura 30 – Tipici cavi MT interrati	54
Figura 31 Componenti principali dell'impianto di accumulo (storage)	64
Figura 32 Planimetria impianto di accumulo elettrochimico.....	71

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2-1 Dati Società Proponente	9
Tabella 4-1 – Norma IEC 61400-1	23
Tabella 4-2 – Caratteristiche aerogeneratore.....	24
Tabella 3 Stima movimento terra	37



Tabella 4. Piste di accesso – dati essenziali	43
Tabella 4-5 Caratteristiche elettriche aerogeneratore	51
Tabella 4-6 Dimensionamento linee Media tensione.....	55
Tabella 7 - Cronoprogramma dismissione.....	81
Tabella 6-1 Analisi Costi/Benefici.....	90



1 INTRODUZIONE

Scopo del seguente progetto è la realizzazione di un Parco Eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (vento) e delle relative opere di connessione dell'energia prodotta nella Rete di Trasmissione Nazionale. Gli aerogeneratori saranno ubicati alla Località 'Paolina' e 'Montagna fiorita' del Comune di Riccia (CB) con opere di connessione nel comune di Cercemaggiore (CB)

Il progetto di parco eolico proposto prevede l'installazione di **n. 6 aerogeneratori** aventi una potenza massima unitaria pari a **6.0 MW**. La potenza installata massima dell'impianto risulta pertanto pari a **36,00 MW**. E' inoltre previsto un impianto di accumulo elettrochimico della potenza di **10 MW** e capacità **20 MWh**, da ubicarsi in adiacenza della futura stazione di smistamento Terna.

Gli aerogeneratori saranno collegati in serie fra loro e poi direttamente alla SE utente. Di seguito si riporta un inquadramento complessivo dell'area di progetto ed un inquadramento dell'area dell'impianto di generazione.



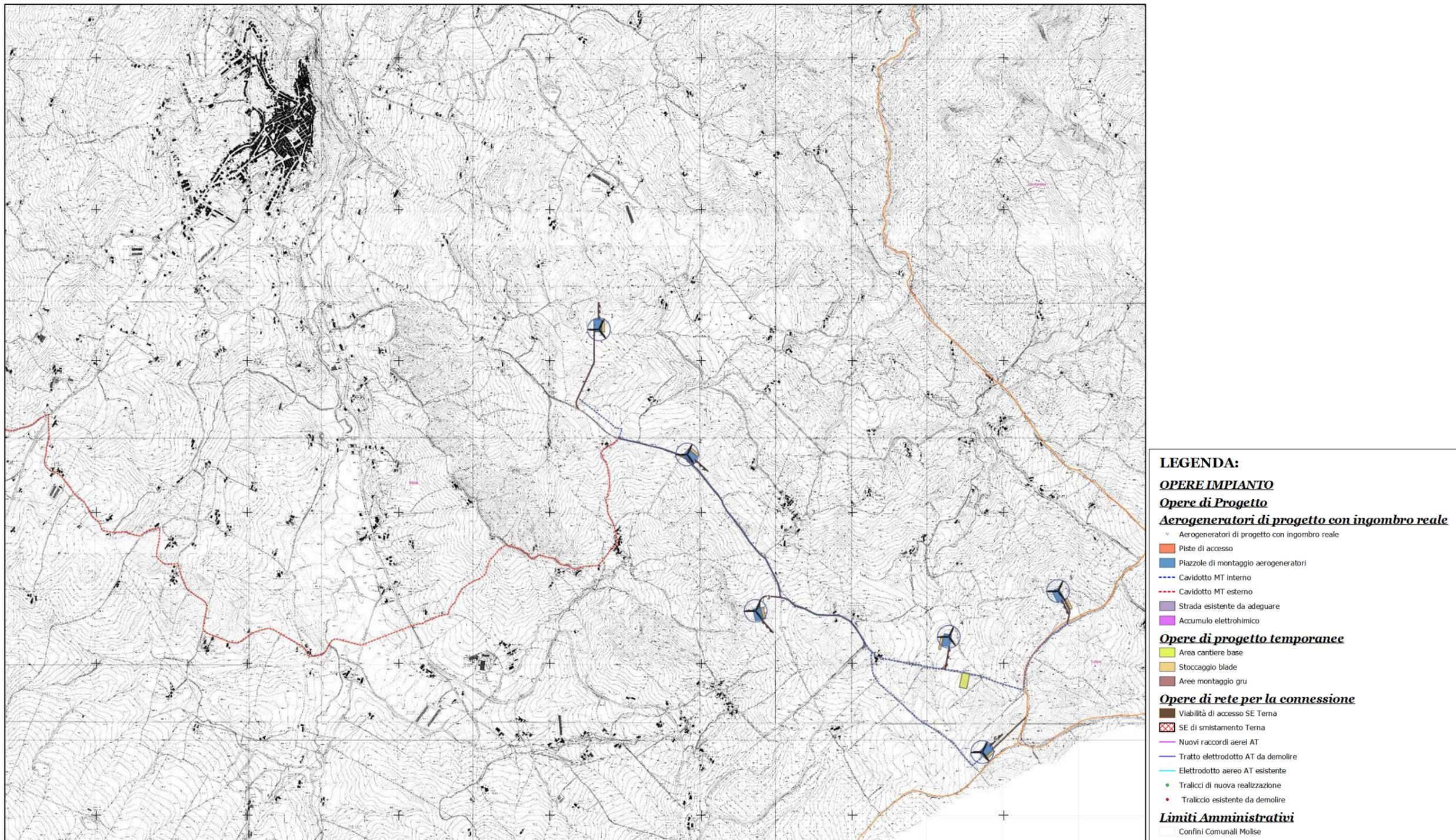


Figura 1 - Inquadramento opere di progetto su CTR

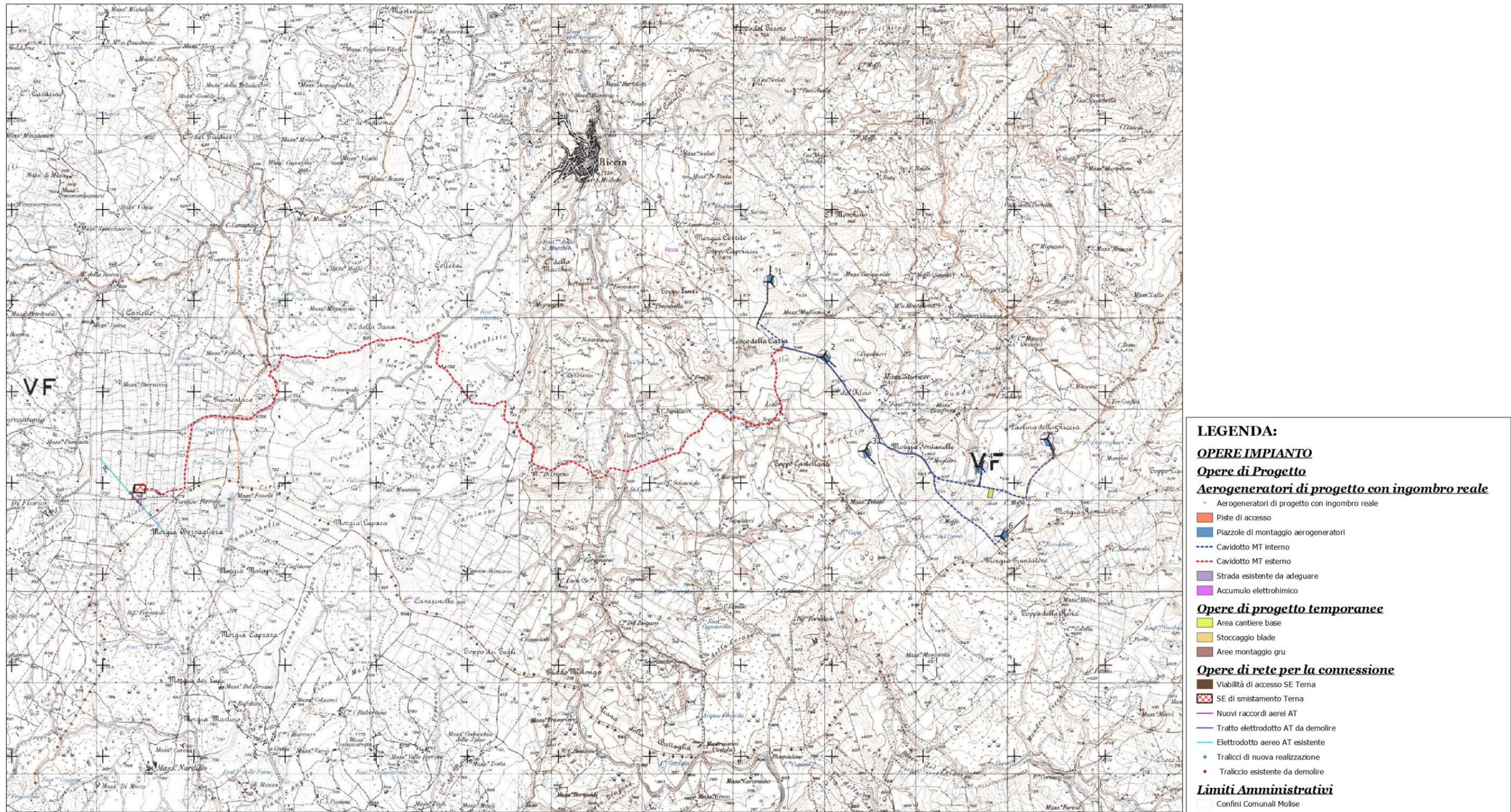


Figura 2 Inquadramento complessivo su IGM



2 DATI GENERALI DEL PROPONENTE

La proponente è la società **Rinnovabili Sud S.r.l.**, una società di scopo che ha quale proprio oggetto sociale la costruzione e l'esercizio di impianti da fonte rinnovabile.

La **Rinnovabili Sud Due S.r.l.** fa parte del gruppo VSB (<https://www.vsb.energy/de/en/homepage/>), multinazionale tedesca attiva da oltre vent'anni, che ha installato nel mondo oltre 1 GW di impianti da fonte rinnovabile.

I dati della società proponente sono i seguenti:

Proponente:	Rinnovabili Sud Due S.r.l.
Sede legale:	Via della Chimica n. 103 - 85100 Potenza
P.IVA e C.F.:	02079470767
Pec:	rinnovabilisuddue@pec.it
Tel.:	0971 281981

Tabella 2-1 Dati Società Proponente

L'energia rinnovabile è al centro del lavoro svolto dagli esperti del Gruppo VSB dal 1996. La piccola società di ingegneria si è gradualmente evoluta in un'azienda internazionale, che oggi opera con molte società di servizio e di scopo affiliate, quali codesta proponente, e da molte sedi nazionali e internazionali.

L'acronimo VSB rappresenta le parole latine per Vento, Sole e Bio-energia: Ventus, Sol, energia Biologica. Queste sono le Business Areas del Gruppo VSB ed è questo che guida la Società e le sue SPV affiliate dal 1996. Il motto di VSB e delle sue società di scopo è quello che si basa sulla volontà di usare le risorse naturali: in qualità di azienda indipendente leader, esse contribuiscono a creare un approvvigionamento energetico compatibile con l'ambiente e a risparmio di risorse. Il punto di forza della società è nello sviluppo e nella realizzazione di progetti di alta qualità dal punto di vista tecnico ed economico, investendo in un futuro verde, con particolare attenzione all'energia eolica e solare.

Le soluzioni proposte per le energie rinnovabili sono caratterizzate da:

- 1) l'utilizzo delle più recenti tecnologie;
- 2) i più alti standard qualitativi;
- 3) coinvolgimento regionale e partner rinomati;
- 4) miglioramento continuo del servizio.

Il Gruppo VSB - VSB Holding GmbH – e le sue società operano in Germania, Francia, Polonia, Romania, Finlandia, Italia, Irlanda e Tunisia, e lavorano in stretta collaborazione per sfruttare tutte le sinergie, curando tutti gli aspetti progettuali e realizzativi di un'opera, con approfondita conoscenza a livello globale e locale, dalla consulenza, progettazione e sviluppo alla realizzazione, gestione e repowering, con l'ausilio di competenze, idee innovative e professionalità.



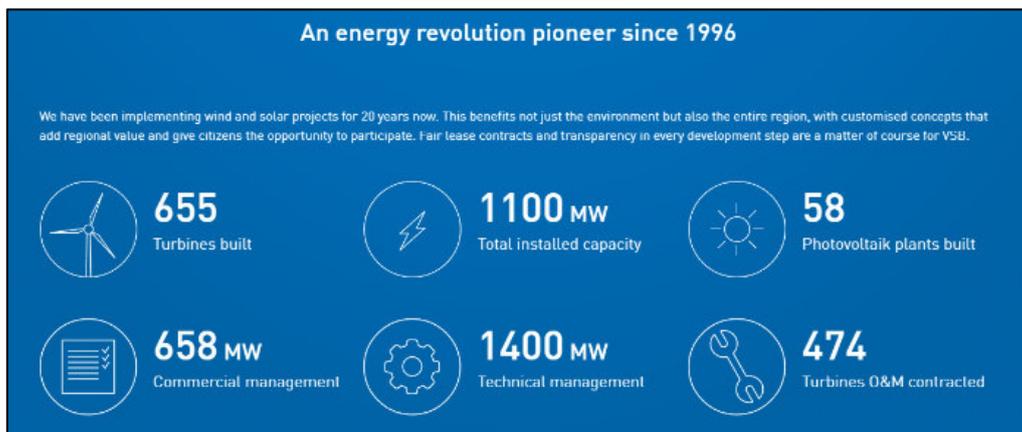
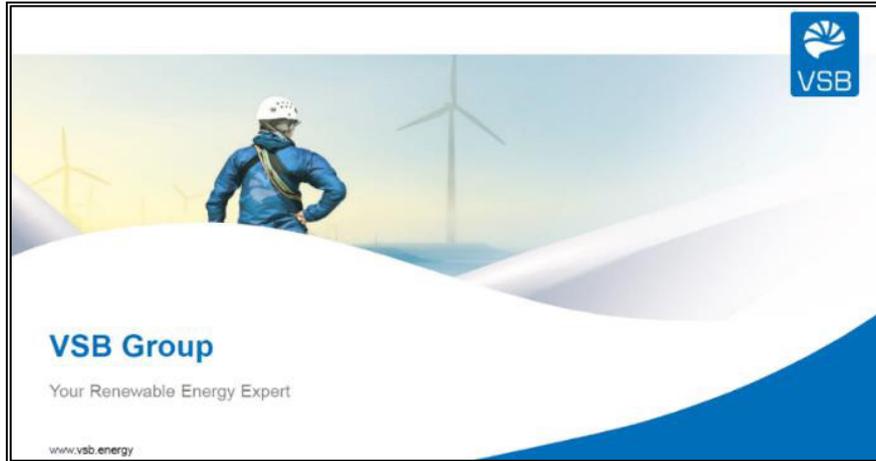


Figura 3 Gruppo Società Proponente



3 DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELLA FONTE UTILIZZATA ED ANALISI DELLA PRODUCIBILITA'

3.1 L'energia eolica

Con il termine "vento" si indica il movimento di una massa d'aria atmosferica da un'area con alta pressione ad una con bassa pressione.

La Terra viene riscaldata dal sole in maniera non uniforme e questo provoca delle zone di aria fredda nelle quali la pressione dei gas atmosferici aumenta e zone di aria calda dove invece la pressione dei gas diminuisce: la massa d'aria calda si riscalda, diminuisce la propria densità e tende a salire mentre l'aria più fredda tende a scorrere sulla superficie terrestre.

Questo moto di masse d'aria produce dunque aree di alta pressione e aree di bassa pressione, ulteriormente influenzate anche dalla rotazione terrestre.

Il vento è dunque lo spostamento di aria da zone a pressione maggiore a zone a pressione minore: maggiore è la differenza di pressione e maggiore sarà la velocità del vento.

In generale, è possibile osservare che le caratteristiche di intensità del vento variano in base a differenti aspetti:

- 1) profilo ed irregolarità della superficie terrestre: più la superficie è grande e piatta (come il mare) e maggiore è l'intensità del vento, al contrario, esso rallenta su superfici irregolari come città e foreste;
- 2) altezza dal suolo: l'intensità del vento è maggiore sulla sommità delle alture;



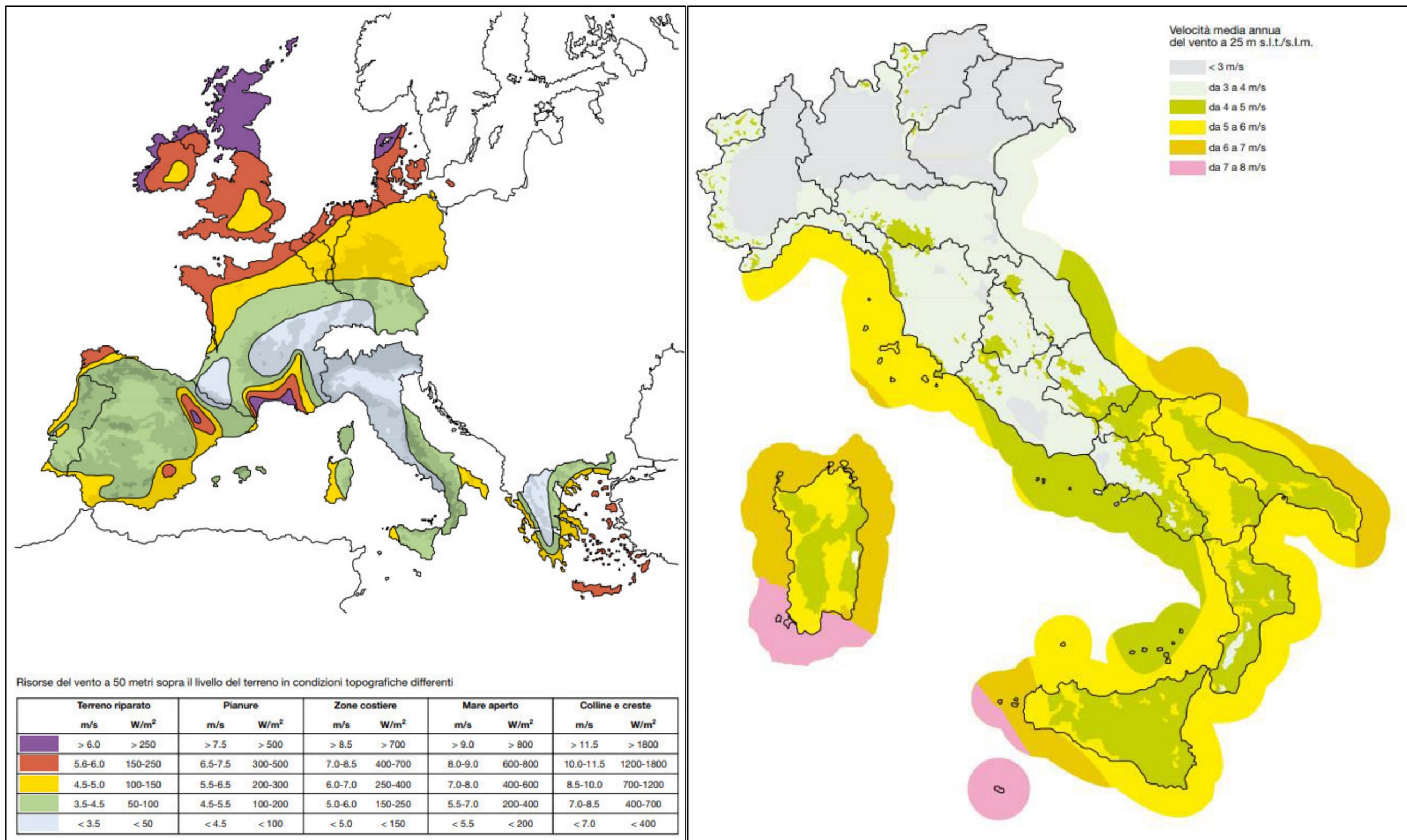


Figura 4 Mappa eolica dell'unione Europea e dell'Italia

L'energia eolica altro non è che l'energia prodotta da una turbina eolica o aerogeneratore che trasforma l'energia cinetica posseduta dal vento in energia elettrica senza l'utilizzo di alcun combustibile ma solo attraverso la conversione dell'energia meccanica di rotazione effettuato dalle pale.

L'energia eolica è una risorsa importante per l'economia europea in quanto, oltre a contribuire alla "ripresa economica verde" crea vantaggi significativi in termini occupazionali e di sviluppo del territorio.

Secondo il rapporto *EWEA (The European Wind energy Association)* pubblicato il 9 ottobre 2020 l'energia eolica svolge un ruolo significativo nell'economia europea, ruolo che ha saputo mantenere anche durante la crisi del Covid-19. Esso inoltre dimostra come l'industria eolica europea sia competitiva a livello globale, ne descrive i possibili sviluppi futuri su tutto il territorio e soprattutto mostra come l'energia eolica possa coesistere con la protezione naturale locale, ovvero pesca, agricoltura e aviazione.

Dal rapporto pubblicato emergono i seguenti risultati:

- a. nel 2019 l'energia eolica ha rappresentato **300.000 posti di lavoro nell' UE**. Il 75% di questi sono nell' eolico onshore e il 25% nell'eolico offshore;
- b. L'industria eolica europea ha un **fatturato annuo di 60 miliardi di euro**. Il 65% di questo aggiunge valore all'economia dell'UE;
- c. L'industria eolica oggi genera **2,5 miliardi di euro di valore aggiunto** per l'economia dell'UE **per ogni nuovo GW di vento onshore** installato e **2,1 miliardi di euro per ogni nuovo GW di eolico offshore**;
- d. L'industria dell'energia eolica paga **5 miliardi di euro in tasse** all'economia dell'UE, incluso 1 miliardo di euro in tasse locali e altri pagamenti a beneficio delle comunità;
- e. I produttori europei di turbine eoliche detengono una **quota del 42% del mercato globale delle turbine eoliche**. Dei 10 maggiori produttori di turbine eoliche al mondo, **5 hanno sede nell'UE**;
- f. Ci sono 248 siti di produzione di componenti per l'energia eolica in Europa, la maggior parte dei quali può aumentare la capacità;
- g. I parchi eolici pagano in media **2,3 €/MWh di tasse locali**;
- h. I vantaggi creati dai parchi eolici sono fondamentali per molte comunità. I progetti eolici **attivano l'economia locale**, contribuiscono con pagamenti volontari a **fondi di benefici comunitari**, offrono **benefici in natura** e sostengono **il ripristino ambientale**;
- i. Investire nell'energia eolica sarà la chiave per una **transizione giusta**;
- j. L'industria eolica promuove **una felice convivenza con altri interessi economici e sociali** come l'agricoltura, la pesca, la protezione della biodiversità e l'aviazione militare e civile come condizione necessaria per l'espansione accelerata dell'energia eolica.



3.2 Dati di ventosità

Come precedentemente accennato, il sito in cui verrà realizzato il Parco Eolico in esame ricade nel comune di Riccia (CB) con opere di connessione nel comune di Cercemaggiore (CB).

Per tale sito, una prima stima approssimativa della velocità del vento, valutata a differenti altezze dal suolo, può essere effettuata attraverso l'Atlante Eolico Interattivo "ATLAEOLICO" DEL Sito Web di RSE (Ricerca Sistema Energetico). Si riportano di seguito i dati così ricavati. L'area dell'impianto è rappresentata dal pallino blu.

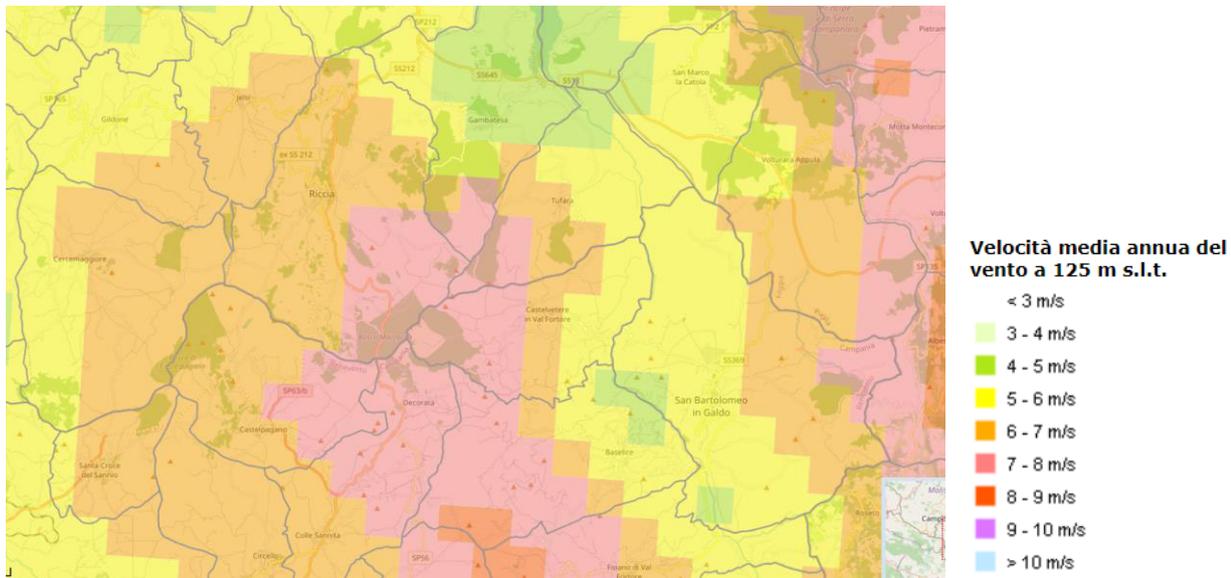


Figura 5 Velocità media annua del vento a 100 m s.l.t./s.l.m.

Come visibile l'area di ubicazione scelta presenta caratteristiche di ventosità molto elevate (ventosità media superiore a 7 m/s). Tutte le elaborazioni, le stime e le valutazioni in seguito descritte sono state effettuate con il codice (o modello) di calcolo WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) messo a punto dal Risoe National Laboratory di Danimarca e basato su un modello matematico del flusso del vento. L'applicazione del modello di calcolo WAsP è stata effettuata da personale esperto, coordinato da figure certificate dal Risoe National Laboratory di Danimarca, produttore del modello stesso.

3.3 Analisi della producibilità

Il campo di velocità del vento su un sito eolico, che consente di stabilire il potenziale energetico disponibile sulla sua superficie, può essere dedotto con diverse metodologie. Quella più evoluta e diffusa è realizzata per mezzo di un modello virtuale dell'ambiente dove, all'interno della modellazione statica del territorio, agiscono delle grandezze fisiche dinamiche (il vento) nel tempo osservate. Con l'ausilio di specifici modelli matematici di calcolo è possibile proiettare con buona approssimazione su intere aree geografiche la ventosità scaturita da rilevazioni effettuate anche in punti differenti.



Tutte le elaborazioni, le stime e le valutazioni in seguito descritte sono state effettuate con il codice (o modello) di calcolo WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) messo a punto dal Risoe National Laboratory di Danimarca e basato su un modello matematico del flusso del vento.

A partire dalla posizione spaziale di origine, i dati forniti al modello vengono utilizzati per costruire su tutta l'area di interesse il vento indisturbato in quota, detto anche vento geostrofico o Atlas, che si ritiene costante per diversi km dal suo punto di origine e che consente di rilevare in punti arbitrari dello spazio tutti i parametri utili alla stima della ventosità. Il campo di velocità del vento fornito dal modello è tridimensionale e ciò consente di disporre in modo naturale anche del profilo della velocità media a varie altezze dal suolo.

3.3.1 Localizzazione impianto

Il sito in oggetto si trova in Località "Paolina" e "Montagna Fiorita" del Comune di Riccia, in Provincia di Riccia.

L'area geografica che lo ospita, nel suo contesto più ampio, è caratterizzata da un'orografia pianeggiante.

Per quanto riguarda le caratteristiche orografiche del territorio, le principali informazioni sono:

- Altitudine media: **850 m slm**
- Orografia del sito: **collinare**
- Orografia circostante il sito: **collinare**
- Utilizzo del terreno: **incolto/seminativo**

Si riporta di seguito le coordinate degli aerogeneratori (sistema di riferimento WGS84-UTM FUSO33N – EPSG: 32633);

Aerogeneratore	X [m]	Y [m]
WTG 1	488325,344	4591207,866
WTG 2	488907,937	4590381,536
WTG 3	489360,816	4589349,026
WTG 4	490638,343	4589177,603
WTG 5	491360,168	4589479,691
WTG 6	490859,024	4588416,196

Figura 6 – Ubicazione aerogeneratori

3.3.2 Aerogeneratori

Si prevede l'installazione di macchine modello VESTAS V150 da 6MW. Per la valutazione di producibilità è stato indicato l'aerogeneratore Vestas V150-6.0 MW. La curva di potenza utilizzata è quella calcolata alla densità dell'aria di 1.225 kg/m³, corrispondente alla quota del mare (0 m s.l.m.). Di seguito, sono rappresentate nel loro sviluppo sia la curva di potenza (P) che la rispettiva curva di spinta (Ct), utile per la determinazione delle perdite per effetto scia.



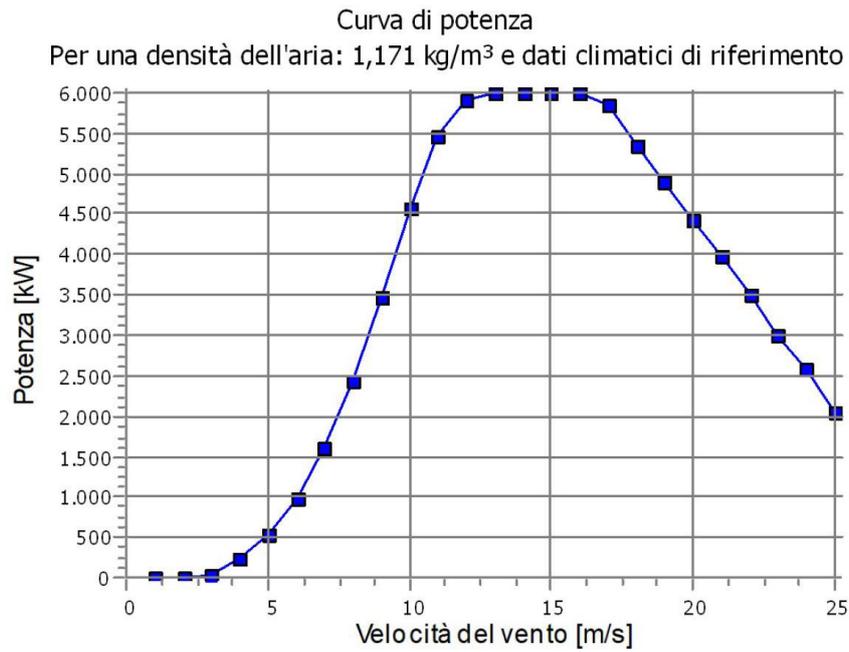


Figura 7 Curva di potenza.

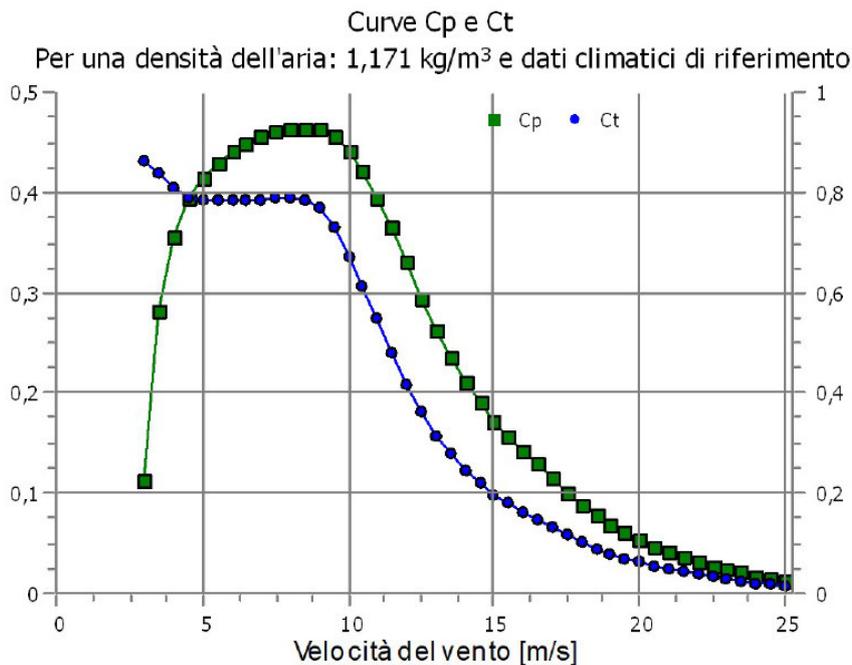


Figura 8 Curva Cp e Ct

Al fine della determinazione della producibilità, nel modello è stato inserito un parco eolico in autorizzazione nelle immediate vicinanze del parco eolico della società proponente.



Distanze tra le WTG

Z	WTG più vicina	Z	Distanza orizzontale [m]	Distanza in Diametri Rotore (max)	Distanza in Diametri Rotore (min)
7	WTG 05	980,4	642	11,7	4,3
WTG 01	WTG 02	862,7	1.011	6,7	6,7
WTG 02	WTG 01	862,7	1.011	6,7	6,7
WTG 03	WTG 02	862,7	1.127	7,5	7,5
WTG 04	WTG 05	980,4	782	5,2	5,2
WTG 05	7	945,6	642	11,7	4,3
WTG 06	WTG 04	925,0	793	5,3	5,3
Min		852,9	642	5,2	4,3
Max		982,7	1.127	11,7	7,5

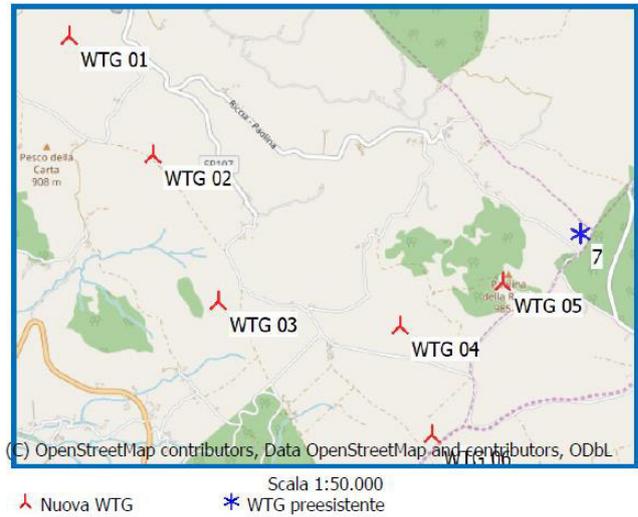


Figura 9 Mappatura impianti considerati

3.3.3 Dati ventosità

Dati di vento per il sito

Settore	Velocità del vento imperturbato [m/s]	Velocità media ridotta dalla scia [m/s]	Frequenza [%]
0 N	7,6	7,6	15,7
1 NNE	6,7	6,7	13,3
2 ENE	4,8	4,8	4,9
3 E	4,4	4,4	3,3
4 ESE	3,7	3,6	1,7
5 SSE	4,1	3,9	1,3
6 S	8,2	8,2	2,6
7 SSO	12,7	12,7	22,6
8 OSO	10,5	10,5	20,0
9 O	3,9	3,9	3,5
10 ONO	3,1	3,1	2,3
11 NNO	6,9	6,6	8,8
Tutti	8,6	8,6	100,0

Figura 10 – Ventosità sito progettuale

3.3.4 Analisi della produzione

Si riporta di seguito la stima della produzione mensile.



Produzione media calcolata, per mese e per ora [MWh]. Il risultato include le perdite dovute a scie e decurtazioni. I valori sono stati scalati ad un anno completo, v. fattori di correzione nella pagina Risultato Principale.

Mese / Ora [MWh]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
0	532	486	535	439	426	310	303	287	371	420	459	516	5.084
1	528	490	538	445	434	317	304	306	378	422	471	517	5.152
2	525	487	539	443	436	316	309	312	373	423	476	516	5.155
3	527	493	536	441	428	316	310	313	362	423	471	520	5.140
4	535	489	531	438	430	313	308	317	353	424	472	513	5.123
5	526	487	526	424	422	312	300	300	350	427	474	518	5.067
6	524	485	513	422	414	301	285	299	348	427	471	527	5.016
7	524	483	513	408	389	273	254	278	327	424	473	525	4.870
8	521	479	491	381	380	273	253	265	309	413	467	518	4.751
9	508	455	483	380	382	290	267	270	312	392	458	503	4.700
10	498	448	504	410	404	309	292	290	332	401	447	488	4.822
11	504	456	522	422	425	326	315	321	363	415	435	481	4.986
12	513	470	535	444	453	350	344	338	382	418	438	496	5.180
13	521	480	552	470	487	372	375	374	400	425	444	502	5.402
14	527	496	569	491	503	389	410	408	424	436	444	509	5.606
15	541	513	573	510	507	396	427	426	443	451	453	513	5.754
16	542	513	576	489	498	381	425	428	448	455	456	528	5.740
17	543	502	568	480	483	380	413	398	443	459	452	530	5.652
18	544	490	550	460	474	366	384	367	426	447	442	522	5.472
19	539	480	527	444	458	344	351	332	392	429	435	519	5.250
20	538	486	505	430	439	326	317	298	372	420	442	519	5.093
21	538	485	502	427	412	308	299	278	360	423	443	518	4.992
22	540	489	508	431	415	293	290	269	357	427	444	515	4.977
23	535	492	519	438	409	298	297	274	361	430	454	517	5.024
Totale	12.671	11.635	12.716	10.566	10.507	7.860	7.831	7.751	8.987	10.232	10.923	12.330	124.010

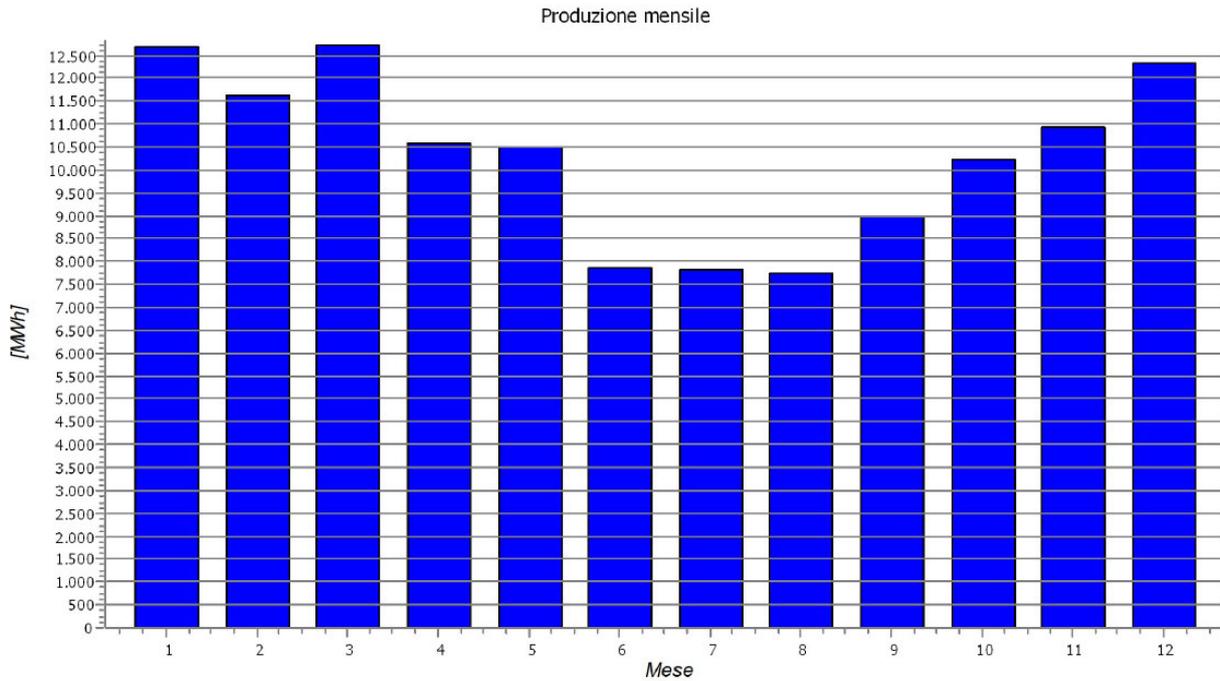


Figura 11 Produzione mensile

Si riporta di seguito grafico della produzione annuale in funzione del settore



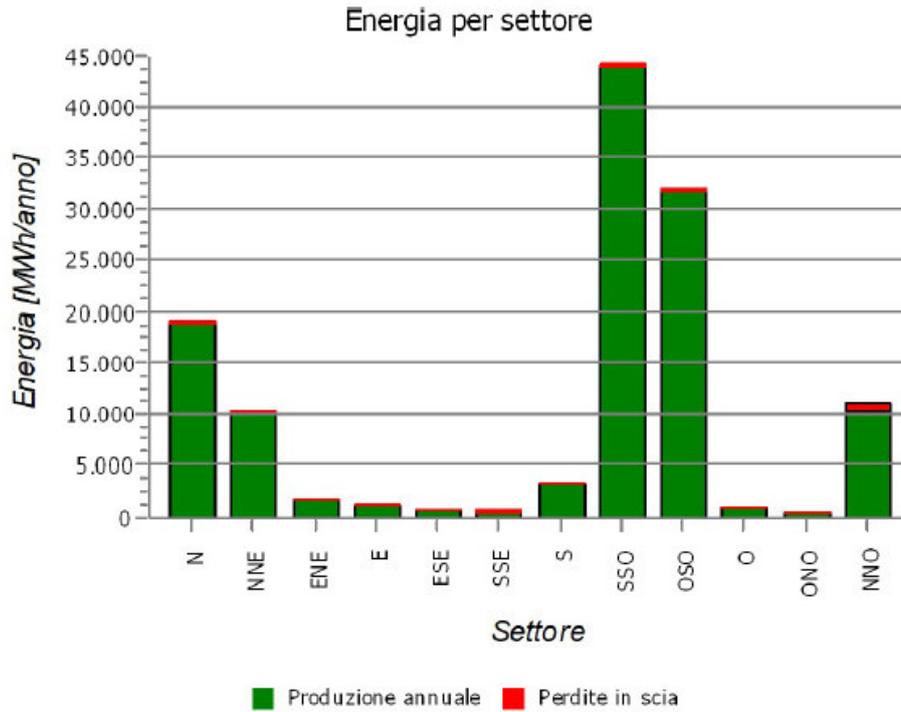


Figura 12 Produzione annuale in funzione del settore

Analisi direzionale

Settore	0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSO	8 OSO	9 O	10 ONO	11 NNO	Totale
Model based energy [MWh]	19.066,8	10.313,6	1.739,7	1.364,5	664,3	641,5	3.322,3	44.255,6	31.925,7	967,2	538,9	10.997,6	125.797,9
-Perdite dovute alle scie [MWh]	225,3	250,6	53,4	46,2	22,2	39,5	11,3	139,6	223,4	33,6	25,5	717,3	1.788,0
Energia risultante [MWh]	18.841,5	10.063,0	1.686,3	1.318,2	642,1	602,1	3.311,1	44.116,0	31.702,4	933,6	513,4	10.280,3	124.009,9
Energia specifica [kWh/m ²]													1,170
Energia specifica [kWh/kW]													3,445
Perdite dovute alle scie [%]	1,2	2,4	3,1	3,4	3,3	6,2	0,3	0,3	0,7	3,5	4,7	6,5	1,42
Ore equivalenti [Ore/anno]	523	280	47	37	18	17	92	1.225	881	26	14	286	3.445

In definitiva la produzione annuale stimata del parco eolico è pari a **124.000 MWh**.



4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto eolico in oggetto avrà una potenza nominale di **36 MW** generata da **n°6 aerogeneratori**, completi delle relative torri di sostegno, di potenza nominale unitaria pari a max. **6,0 MW**.

L'impianto lato utente è costituito quindi da:

- N° 6 aerogeneratori;
- Impianto di accumulo elettrochimico di potenza **10 MW** e capacità **20 MWh**;
- Cavidotti MT a 36 kV di collegamento tra gli aerogeneratori e la futura SE di smistamento Terna;

L'impianto per la connessione alla rete elettrica nazionale è costituito da:

- una stazione elettrica 36/150kV della RTN da inserire in entra-esce sulla linea RTN 150 kV "Campobasso CP - Castelpagano" previa rimozione delle limitazioni della linea RTN 150 kV "Campobasso CP – Castelpagano" di cui al Piano di Sviluppo Terna.

Le opere civili da realizzare sono:

- 1) fondazioni in c.a. degli aerogeneratori;
- 2) piste di accesso agli aerogeneratori;
- 3) piazzole di montaggio degli aerogeneratori;
- 4) allargamenti stradali per il passaggio dei mezzi di trasporto speciali;
- 5) Impianto di accumulo elettrochimico costituito da un piazzale dove sono ubicate le cabine tipo shelter;
- 6) Scavi per la realizzazione dei cavidotti;
- 7) Stazione elettrica di smistamento Terna facente parte della RTN con fabbricati ed apparecchiature elettriche e le opere accessorie atte alla fruizione dell'impianto stesso.

Tutti i parametri rilevanti dell'impianto eolico come ad esempio correnti e tensioni, saranno continuamente monitorati da un sistema dedicato.

In riferimento al periodo di vita utile dell'impianto, tutte le opere vengono generalmente progettate per poter assolvere alla loro funzione, considerando una manutenzione ordinaria delle stesse, per un periodo di tempo non inferiore ai 30 anni, ovvero senza la necessità di sostituzioni o ricostruzioni di parte di essa.

Trascorso questo periodo l'impianto si procederà alla dismissione ed al ripristino secondo quanto previsto dal piano di dismissione.

4.1 Principali componenti del parco eolico

4.1.1 Aerogeneratori: principio di funzionamento e controllo

Una turbina eolica o aerogeneratore trasforma l'energia cinetica posseduta dal vento in energia elettrica attraverso la conversione dell'energia meccanica di rotazione effettuato dalle pale.



In generale, è possibile avere turbine “a portanza” o “a resistenza” in relazione alla forza generata dal vento e dunque sfruttata come “forza motrice”.

Nelle turbine “a portanza”, di maggiore impiego, diversamente da quelle “a resistenza” il vento scorre su entrambe le facce della pala che, presentando profili geometrici differenti, permette la creazione di una zona di depressione sulla superficie superiore rispetto alla superficie inferiore. Questa differenza di pressione produce dunque sulla superficie della pala eolica una forza chiamata “portanza aerodinamica” che permette la rotazione della pala attorno all’asse mozzo.

In relazione alla tecnologia costruttiva, le turbine eoliche possono essere suddivise in:

- turbine ad asse verticale – VAWT (Vertical Axis Wind Turbine);
- turbine ad asse orizzontale – HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine)

Nel caso in oggetto è prevista l’installazione di aerogeneratori “ad asse orizzontale” con tre pale, con regolazione del passo e sistema di regolazione tale da poter funzionare a velocità variabile e ottimizzare costantemente l’angolo di incidenza tra la pala ed il vento.

Questo sistema di controllo consente non solo di ottimizzare la produzione di energia elettrica, ma anche di contenere il livello di rumorosità entro valori decisamente accettabili e ben al di sotto dei limiti imposti dalla normativa vigente.



Figura 13 – Aerogeneratore tripala

Gli elementi che caratterizzano gli aerogeneratori (meglio specificate nelle tavole allegare) vengono di seguito descritti:



- corpo centrale (navicella), costituita da una struttura portante in acciaio e rivestita da un guscio in materiale composito (fibra di vetro e resina epossidica), vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata. La navicella contiene al suo interno l'albero, unito al mozzo delle pale, che trasmette la potenza intercettata dalle pale al generatore, anch'esso installato all'interno della navicella, attraverso un moltiplicatore di giri. L'accesso alla navicella avviene tramite una scala metallica installata nella torre e un passo d'uomo posto in prossimità del cuscinetto a strisciamento.
- un rotore, cui sono collegate le 3 pale in materiale composito, formato da fibre di vetro in matrice epossidica, costituite da due gusci collegati ad una trave portante e con inserti di acciaio che uniscono la pala al cuscinetto e quindi al mozzo.
- la torre di sostegno tubolare in acciaio sulla cui testa è montata la navicella. La torre è costituita da diversi tronconi (a seconda dell'altezza al mozzo dell'aerogeneratore che si prevede di installare) di forma tronco-conica, tra loro flangiati e imbullonati. La torre è ancorata al terreno a mezzo di idonee fondazioni provviste di pali interrati o di tipo diretto di sostegno, come mostrato nelle tavole allegate e descritto nei paragrafi a seguito.

Come precedentemente accennato, l'energia cinetica del vento, raccolta dalle pale rotoricche, viene utilizzata per mantenere in rotazione l'albero principale, su cui il rotore è calettato. Attraverso il moltiplicatore di giri, l'energia cinetica dell'albero principale viene trasferita al generatore e trasformata in energia elettrica.

Tramite un sistema di controllo è possibile misurare in modo continuo la velocità e la direzione del vento, nonché i parametri elettrici e meccanici dell'aerogeneratore, oltre che effettuare la regolazione della potenza prodotta attraverso variazione del passo delle pale.

Il sistema di controllo, inoltre, assicura l'allineamento della gondola alla direzione prevalente della velocità del vento, variando l'angolo di rotazione della gondola sul piano orizzontale tramite opportuni motori elettrici.

Ogni aerogeneratore ha un funzionamento caratterizzato da precisi valori di velocità, riferiti alle differenti fasi di seguito riportate:

- **velocità di avvio**, in questa fase il rotore inizia a girare e l'alternatore produce una tensione che aumenta all'aumentare della velocità del vento;
- **velocità di cut-in** (2-4 m/s), quando la tensione è abbastanza elevata da essere utilizzabile nell'applicazione specifica viene prodotta energia e si attiva l'intero circuito di generazione;
- **velocità nominale** (10-14 m/s), velocità alla quale viene prodotta la potenza nominale;
- **velocità di cut-off** (20-25 m/s), è la velocità del vento oltre la quale il rotore deve essere fermato per evitare danni alle macchine.

Di seguito viene riportata una tipica curva di potenza di una turbina eolica:



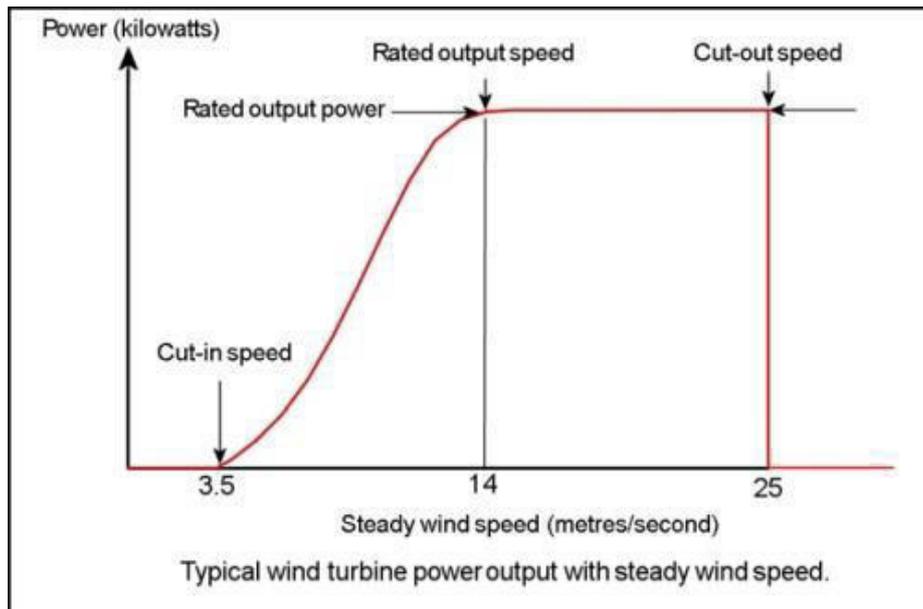


Figura 14 – Curva di potenza di una turbina eolica

In generale, è possibile effettuare un arresto dell'aerogeneratore in condizioni normali o di emergenza, attraverso la rotazione del passo delle pale. Opportuni serbatoi d'olio in pressione, infatti, garantiscono l'energia idraulica necessaria a ruotare il passo delle pale anche in condizioni di emergenza (mancanza di alimentazione elettrica). A rotore fermo un ulteriore freno sull'albero principale ne assicura il blocco in posizione di "parcheggio".

È altresì importante che le turbine eoliche resistano alle condizioni atmosferiche avverse tipiche del sito di installazione. A tal proposito, considerando una vita utile della turbina pari a 20 anni, si considera che essa possa essere sottoposta ad una raffica estrema che si presenta in media ogni 50 anni. In particolare, si considera una velocità del vento di riferimento media su 10 minuti, come riportato nella tabella seguente estratta dalla norma IEC 61400-1

Classe di aerogeneratori		I	II	III	S
V_{ref}	(m/s)	50	42,5	37,5	Valori specificati dal progettista
A	I_{ref} (-)	0,16			
B	I_{ref} (-)	0,14			
C	I_{ref} (-)	0,16			

Tabella 4-1 – Norma IEC 61400-1

Dove:

V_{ref} è la velocità del vento di riferimento media su 10 minuti;



A indica la categoria con caratteristiche di turbolenza superiori;

B indica la categoria con caratteristiche di turbolenza medie;

C indica la categoria con caratteristiche di turbolenza inferiori;

I_{ref} è il valore atteso dell'intensità della turbolenza a 15 m/s.

Una turbina eolica deve inoltre essere progettata per funzionare con temperature che variano tra i -10°C e i +40°C in condizioni normali e tra i -20°C e i +50°C in condizioni ambientali estreme, come da normativa CEI EN 61400-1.

In riferimento alla protezione della macchina contro i fulmini, essa è assicurata da captatori metallici situati sulla punta di ciascuna pala, collegati a terra attraverso la struttura di sostegno dell'aerogeneratore.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche degli aerogeneratori di progetto:

CARATTERISTICHE AEROGENERATORE DI PROGETTO	
Potenza nominale	6,0 MW max.
Diametro rotorico	150 m
Altezza torre	125 m
Tipo di torre	Tubolare
Numero di pale	3
Velocità di rotazione nominale	Compresa tra 6,5 e 11,6 rpm
Velocità di attivazione-bloccaggio	3 – 25 m/s
Sistema di controllo	Pitch
Tipo di generatore elettrico	A magneti permanenti
Tensione nominale	660 V
Frequenza	50/60 Hz
Livello di potenza sonora	≤ 104.9 dB(A)

Tabella 4-2 – Caratteristiche aerogeneratore

4.1.1.1 Principali componenti di un aerogeneratore

Attraverso differenti componenti, elettrici e meccanici, una turbina eolica converte l'energia cinetica del vento in energia elettrica. In particolare, il rotore (composto da pale e mozzo) estrae l'energia cinetica del vento, mentre il generatore elettrico la converte l'energia meccanica ottenuta in energia elettrica.

I principali componenti che caratterizzano un aerogeneratore ad asse orizzontale sono:



- a. Pala;
- b. Supporto della pala;
- c. Attuatore dell'angolo di Pitch;
- d. Mozzo;
- e. Ogiva;
- f. Supporto principale;
- g. Albero principale;
- h. Luci di segnalazione aerea;
- i. Moltiplicatore di giri;
- j. Dispositivi idraulici di raffreddamento;
- k. Freni meccanici;
- l. Generatore;
- m. Convertitore di potenza e dispositivi elettrici di controllo, protezione e sezionamento;
- n. Trasformatore;
- o. Anemometri;
- p. Struttura della navicella;
- q. Torre di sostegno;
- r. Organo di azionamento per l'imbardata

4.1.1.1 Rotore

Il rotore è costituito essenzialmente da due elementi:

- le pale;
- il mozzo.

Le pale, generalmente in numero pari a tre, rappresentano l'organo direttamente a contatto con il vento ed hanno una sezione progettata per massimizzarne l'efficienza aerodinamica.

La pala si avvolge con un angolo complessivo di circa 25° tra l'inizio e l'estremità.

In particolare, dato che le forze aerodinamiche crescono con la distanza dal mozzo, la sezione della singola pala viene disegnata in modo tale da avere una sezione maggiore, dunque più rigida e resistente, in prossimità del mozzo, e una sezione sempre più piccola ed affusolata man mano che ci si allontana da quest'ultimo, in modo tale da opporre una minore resistenza.

Le pale sono realizzate con materiali leggeri come, ad esempio, materiali plastici rinforzati in fibra, molto resistenti all'usura.

Generalmente vengono impiegate fibre di vetro o alluminio per aerogeneratori medio-piccoli e fibre di carbonio per impianti con pale molto più grandi e dunque carichi elevati.



Le fibre sono inglobate in una matrice di poliestere o resina epossidica. La superficie esterna viene ricoperta e levigata con gel colorato, utile a prevenire l'invecchiamento della stessa a causa dei raggi ultravioletti.

Elementi aggiuntivi possono essere i regolatori di stallo, utili a stabilizzare il flusso d'aria, i generatori di vortice, utili ad aumentare la portanza e le alette d'estremità, utili a ridurre la perdita di portanza e rumore.

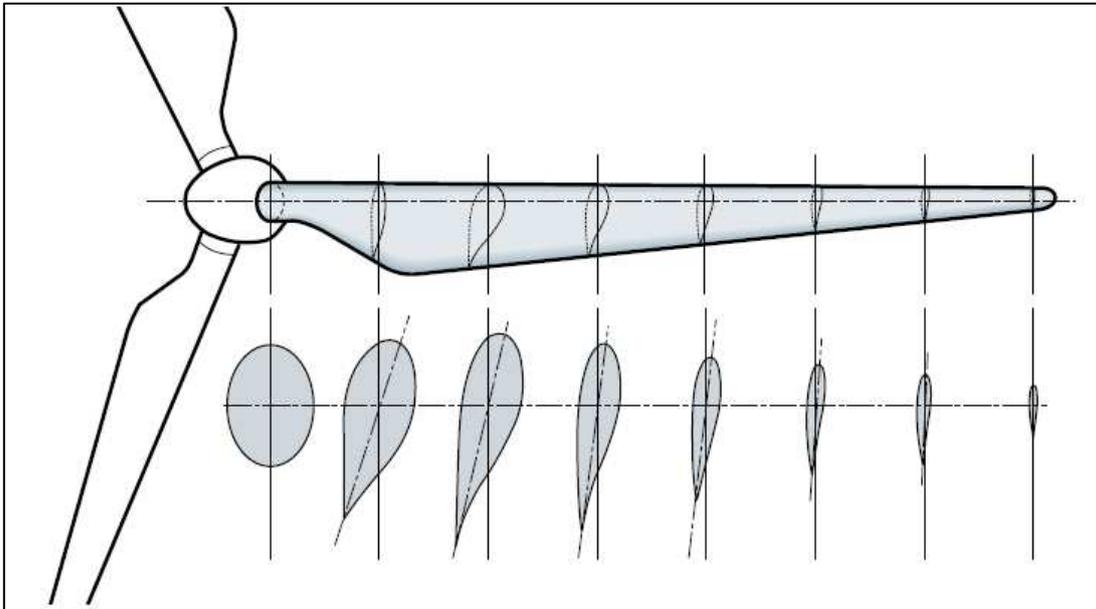


Figura 15 – Particolare sezioni di una pala eolica

Il mozzo è l'elemento che collega le pale all'albero principale trasmettendo ad esso la potenza estratta dal vento ed inglobando i meccanismi di regolazione dell'angolo di Pitch.

Il controllo dell'angolo di Pitch in un impianto eolico permette di regolare le prestazioni dell'impianto tramite la posizione delle pale rispetto al vento. Il rendimento dell'impianto viene così ottimizzato in base alla forza del vento.

Tale controllo può essere utile anche come sistema frenante nel caso in cui il vento è molto forte. In questo caso, infatti, è possibile ruotare le pale in posizione parallela al vento, fermando il rotore.

I segnali di comando e l'energia necessaria per la regolazione delle pale vengono trasmessi dalla navicella al mozzo grazie a numerosi sensori.

Il mozzo è realizzato in acciaio o di ferro a grafite sferoidale ed è protetto esternamente da un involucro di forma ovale chiamato ogiva.

Il mozzo può essere:

- Rigido;
- Oscillante;
- Incernierato.



Il mozzo rigido permette di mantenere la posizione fissa di tutti gli elementi che lo compongono rispetto all'albero principale, permettendo la sola variazione dell'angolo di Pitch. Il mozzo rigido viene impiegato soprattutto nei rotor a tre o più pale a causa della elevata robustezza che deve garantire.

Il mozzo oscillante è invece impiegato nel caso di turbine a due pale, anche in assenza di controllo dell'angolo di Pitch, ed ha una conformazione tale da ridurre i carichi aerodinamici tipici dei rotor bipala.

Il mozzo incernierato è una via di mezzo delle precedenti tipologie illustrate, ovvero è rigido è un vincolo cerniera per le pale e utilizza delle turbine sottovento per ridurre i carichi eccessivi durante venti molto forti.

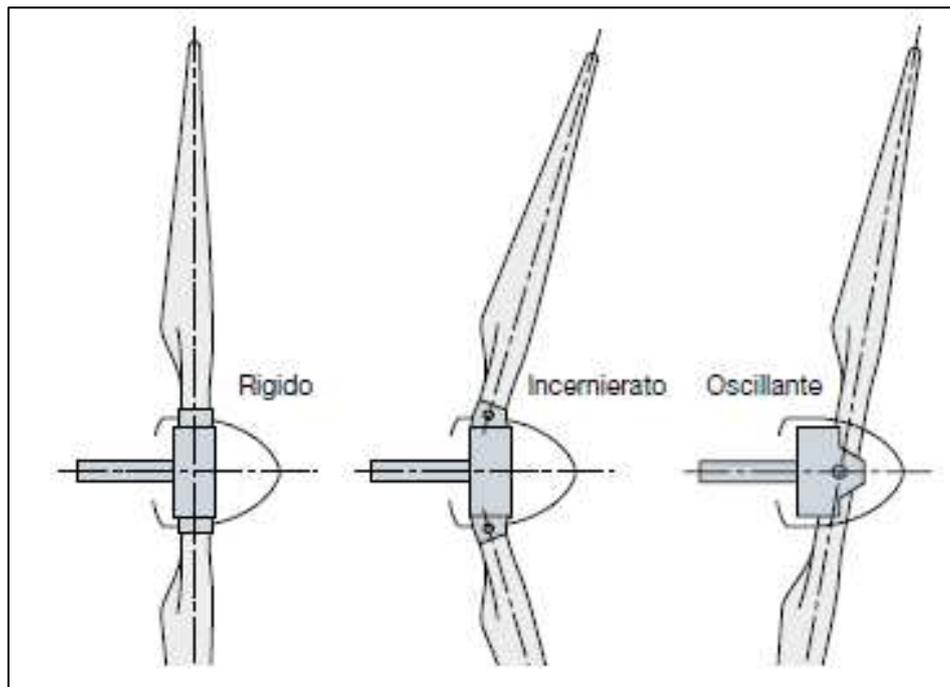


Figura 16 – Differenti tipologie di mozzo

Pale e mozzo vengono montati sulla navicella tramite apposita flangia di cuscinetti.

Nel caso in esame, il rotore è posto sopravento rispetto al sostegno e la navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l'asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento.

Le pale sono tre, di lunghezza pari a 75 m circa, a raggiungere il diametro rotore pari a 150 m e sono composte in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica e fibra di carbonio. Le tre pale sono incernierate al mozzo, nel quale è contenuto anche il sistema di regolazione del passo delle pale (pitch), costituito da tre cilindri idraulici, uno per ciascuna pala. L'unità idraulica è installata nella navicella e fornisce pressione idraulica sia al sistema del passo che all'impianto frenante. Dall'albero lento l'energia meccanica è trasmessa al generatore tramite un moltiplicatore di giri.

Le 3 pale hanno il compito di raccogliere l'energia cinetica del vento e trasmetterla all'albero del generatore elettrico.



Al crescere della superficie captante delle pale aumenta l'energia cinetica raccolta, ma aumentano altresì le turbolenze che le pale si inducono l'una con l'altra nel loro moto. Pertanto, la forma ed il numero delle pale sono studiati per massimizzare la produzione energetica.

Per il progetto si è scelto dunque un rotore di diametro pari a 150 m, al fine di massimizzare la produzione energetica dell'impianto limitando al contempo l'impatto visivo, quest'ultimo dovuto più alla posizione degli aerogeneratori ed al contesto che all'effettiva dimensione del rotore, anche per effetto della colorazione delle pale tesa a minimizzare la visibilità ed al tutto sommato ridotto spessore delle pale stesse.

4.1.1.1.2 Moltiplicatore di giri

Il moltiplicatore di giri ha lo scopo di incrementare la velocità di rotazione del rotore per adattarla ai valori richiesti dai generatori convenzionali.

In particolare, serve per trasformare la rotazione lenta delle pale, ovvero per aumentare il numero di giri compiuto dal rotore, in una rotazione più veloce in grado di far funzionare il generatore di elettricità e migliorarne il rendimento. Esso è formato da una o più coppie di ingranaggi di tipo epicicloidale o ad assi paralleli ad uno o più stadi.

4.1.1.1.3 Freni

Il sistema frenante è costituito essenzialmente da due sistemi indipendenti di arresto delle pale:

- sistema di frenaggio aerodinamico impiegato, in caso di velocità del vento superiori al valore massimo impostato, sia per regolare la potenza erogata dal sistema sia per arrestare il rotore;
- sistema di frenaggio meccanico usato per completare l'arresto del rotore e come freno di stazionamento.

Il sistema di freni meccanici è posizionato lungo l'albero di trasmissione, in aggiunta al freno aerodinamico. Questo sistema di freni è importante nel caso di gravi condizioni meteorologiche.

Le tipologie di freni sono essenzialmente due:

- freni a disco;
- freni a frizione.

I primi sono costituiti da un disco metallico fissato all'albero che deve essere frenato; in particolare, delle pinze ad azionamento idraulico premono delle pastiglie contro il disco creando una coppia frenante opposta a quella motrice.

I secondi sono costituiti da un piatto di pressione ed un piatto di frizione. Il freno entra in funzione attraverso delle molle che esercitano una pressione, mentre vengono rilasciati mediante aria compressa o un fluido idraulico.

I freni progettati per arrestare il rotore devono essere in grado di esercitare una coppia frenante maggiore di quella massima originata dal rotore, con tempi di arresto solitamente inferiori a 5s ed in grado di funzionare anche in caso di guasto alla loro alimentazione di energia esterna.



4.1.1.1.4 Generatore elettrico

Il generatore elettrico permette di trasformare l'energia meccanica in elettricità.

Si possono distinguere due tipi di generatori:

- generatore asincrono;
- generatore sincrono.

Il generatore asincrono è un motore trifase ad induzione caratterizzato da una velocità di sincronismo che dipende dal numero di poli e dalla frequenza di rete.

Se la coppia meccanica agente sull'albero rotore è motrice anziché resistente e fa aumentare la velocità di rotazione fino a superare la velocità di sincronismo, la macchina elettrica asincrona passa dal funzionamento come motore a quello come generatore immettendo energia elettrica in rete.

Si definisce scorrimento (s) la differenza relativa tra la velocità di scorrimento e la velocità effettiva di rotazione.

Usualmente, nei generatori asincroni lo scorrimento è di circa l'1% dunque tali dispositivi vengono considerati a velocità di rotazione costante.

Il generatore sincrono, chiamato anche alternatore, prevede che il rotore sia costituito da un elettromagnete a corrente continua o da magneti permanenti.

In questo tipo di generatore, grazie anche al convertitore di frequenza che permette un funzionamento a velocità variabile, quando la forza del vento aumenta improvvisamente il rotore è libero di accelerare per alcuni secondi: l'incremento di velocità di rotazione accumula energia cinetica nel rotore stesso e consente un'erogazione costante di potenza.

Viceversa, quando il vento cala, l'energia immagazzinata nel rotore viene rilasciata nel rallentamento del rotore stesso.

4.1.1.1.5 Trasformatore

Il trasformatore permette di convertire la potenza elettrica in bassa tensione in uscita dal generatore in potenza elettrica in media tensione. In questo modo vengono ridotte le perdite di trasmissione mediante l'allacciamento alla rete di distribuzione in media tensione.

Generalmente, il trasformatore è installato nella navicella o alla base della torre.

4.1.1.1.6 Sistema di imbardata

Si definisce "movimento di imbardata" il movimento (fino a 180°) della navicella attorno all'asse verticale che ne attraversa il baricentro in modo da mantenere allineato l'asse del rotore alla direzione del vento (rotore in direzione trasversale al vento).

Negli aerogeneratori di notevoli dimensioni questo movimento di allineamento viene garantito da un servomeccanismo detto sistema di imbardata in cui un sensore (la banderuola) indica lo scostamento dell'asse del rotore dalla direzione del vento e attiva un motore che riallinea la navicella; nei sistemi piccoli è invece sufficiente l'impiego di una pinna direzionale per garantire l'allineamento.



4.1.1.1.7 Torre di sostegno

La torre di sostegno è l'elemento sul quale viene montata la navicella.

Essa può essere:

- a traliccio:
- tubolare.

Le torri tubolari, impiegate anche nel caso in esame, sono generalmente in acciaio laminato e presentano il notevole vantaggio, rispetto a quelle tralicciate di avere un numero ridotto di connessioni bullonate ovvero il punto critico della struttura da controllare periodicamente.

Hanno forma conica e diametro alla base (generalmente pari a circa 4m) maggiore rispetto a quello in sommità; le diverse sezioni vengono assemblate in sito per consentire un trasporto più agevole, sono collegate e vincolate tra loro da flange imbullonate.

Esternamente vengono adeguatamente rivestite per resistere alla corrosione con una verniciatura di zinco con colori chiari per non impattare negativamente con l'ambiente in cui si inseriscono.

Le torri sono infisse nel terreno mediante fondazioni costituite in genere da plinti in cemento armato collocati ad una determinata profondità.

Alla base della torre ci sarà una porta che permetterà l'accesso al suo interno.

Internamente esse sono dotate di scale con elementi di sostegno, sistemi di illuminazione a norma e sistemi di illuminazione di emergenza.

L'altezza della torre dipende dal regime di vento del sito d'installazione: in generale, poiché il vento cresce all'aumentare dell'altezza, più alta è la torre e più l'energia prodotta aumenta.

Per tali motivi, negli impianti on-shore, la navicella è collocata ad un'altezza pari a 1 o 1,2 volte il diametro del rotore.

Per il medesimo modello di aerogeneratore sono pertanto disponibili torri di diverse altezze, lasciando al progettista di trovare il giusto compromesso tra costi e benefici. Nel caso in questione, si è scelta un'altezza al mozzo di 125 m, ovvero un giusto compromesso tra necessità produttive dell'impianto ed impatti. L'altezza totale dell'aerogeneratore è pertanto uguale a 200 m.

4.1.1.1.8 Sistema di controllo e di protezione

I sistemi di controllo, gestiti in remoto tramite un sistema altamente automatizzato, permettono di comandare le procedure di avviamento e di arresto della turbina stessa e assicurano che essa operi sempre entro determinati parametri di funzionamento prestabilito, proteggendo in particolare il rotore dalle sovra-velocità e le diverse parti del circuito elettrico dalle sovracorrenti e dalle sovratensioni.

Ogni turbina sarà equipaggiata con un controllore che raccoglierà informazioni relative al funzionamento della macchina, alle condizioni meteorologiche ed alle caratteristiche del vento.

Attraverso la rete in fibra ottica, le informazioni saranno trasmesse ad un quadro di controllo posizionato nella sala quadri della stazione di accumulo elettrolitico. Dal quadro di controllo è pertanto possibile monitorare il funzionamento degli aerogeneratori, nonché tutte le apparecchiature che costituiscono il sistema elettrico della stazione stessa.



Il sistema di controllo sarà inoltre collegato via modem alla rete telefonica al fine di consentire il controllo dell'impianto in remoto.

In particolare, il sistema di controllo assolve principalmente alle seguenti funzioni:

- monitoraggio e supervisione del funzionamento complessivo;
- sincronizzazione del generatore alla rete;
- funzionamento della turbina eolica durante le varie situazioni di guasto;
- imbardata automatica della navicella;
- controllo del passo delle pale;
- monitoraggio delle condizioni ambientali.

Il controllo del passo delle pale, fa sì che in corrispondenza di valori elevati della velocità del vento, la potenza generata venga mantenuta costantemente al suo valore nominale, mentre in corrispondenza di bassi valori di velocità del vento, il sistema a passo variabile e quello di controllo ottimizzano la produzione scegliendo la combinazione tra velocità del rotore e pitch.

Il funzionamento dell'aerogeneratore è continuamente monitorato e controllato da una unità a microprocessore. Il sistema frenante principale è costituito dal blocco totale delle pale mentre quello secondario è un sistema di emergenza a disco attivato idraulicamente e montato sull'albero del sistema di riduzione.

4.1.1.1.9 Dispositivi ausiliari

I dispositivi ausiliari sono montati all'interno della navicella e comprendono un dispositivo idraulico per lubrificare il moltiplicatore di giri o le altre parti meccaniche e scambiatori di calore per il raffreddamento dell'olio e del generatore, ivi compresi pompe e ventilatori.

Ne fanno parte anche gli anemometri, disposti sulla sommità della navicella, le banderuole per il controllo della turbina e le luci di segnalazione per gli aerei, oltre che i sensori utili al rilevamento del funzionamento dell'intero sistema.

4.1.1.1.10 Navicella

La navicella è posizionata alla sommità della torre. Essa rappresenta l'involucro contenente i principali componenti per la trasformazione dell'energia meccanica in elettrica.

All'interno, infatti, è possibile trovare l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico, il trasformatore MT/BT e i dispositivi ausiliari.

La navicella è realizzata da una struttura portante in acciaio ed è rivestita da un guscio in materiale composito (fibra di vetro in matrice epossidica) ed è vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata.

L'energia elettrica prodotta viene trasmessa alla base della torre tramite cavi installati su una passerella verticale ed opportunamente schermati. Per la trasmissione dei segnali di controllo alla navicella saranno installati cavi a fibre ottiche.



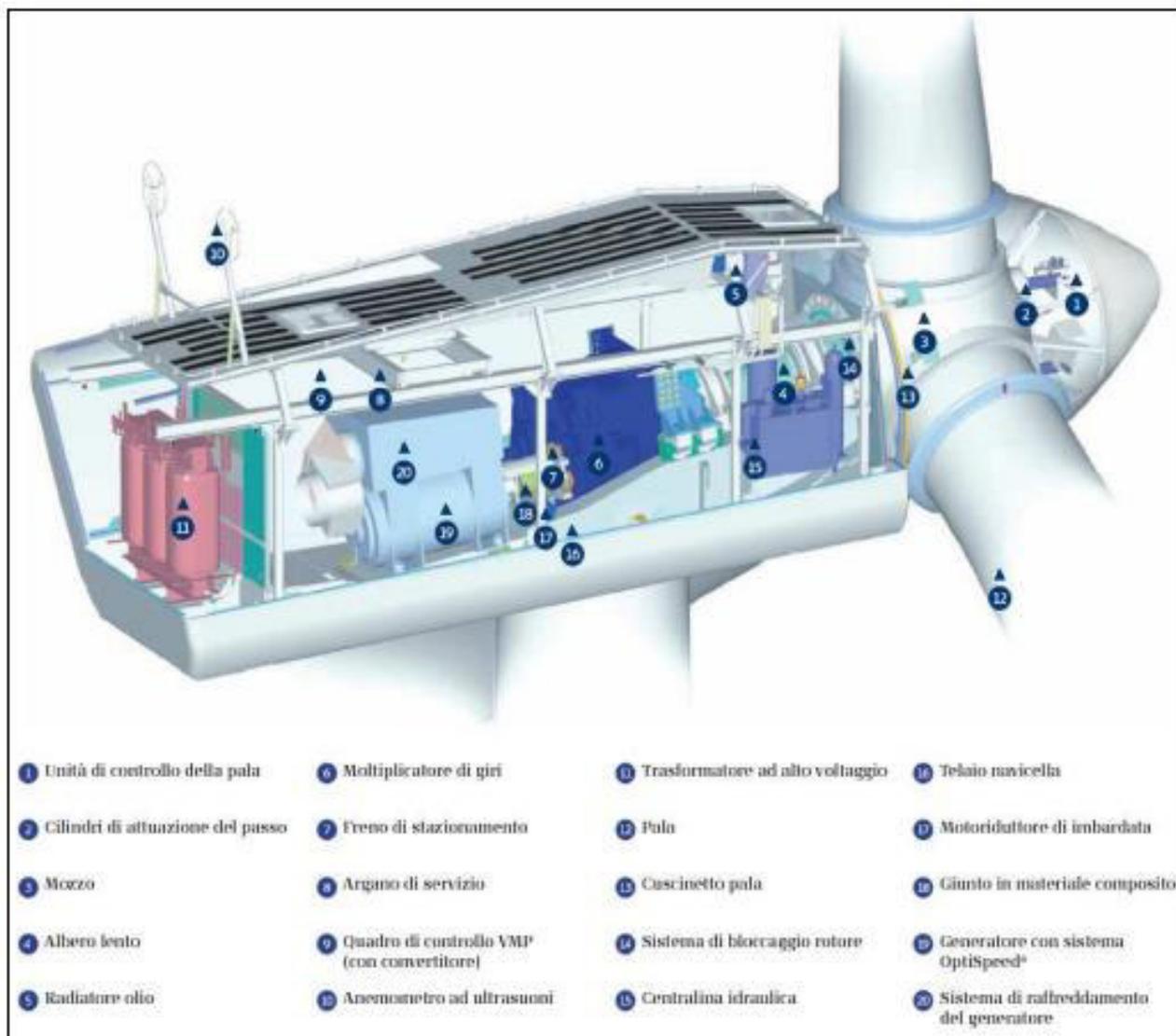


Figura 17 – Dettaglio degli elementi costituenti la navicella

Di seguito viene illustrato uno schema che riassume graficamente i componenti precedentemente descritti.



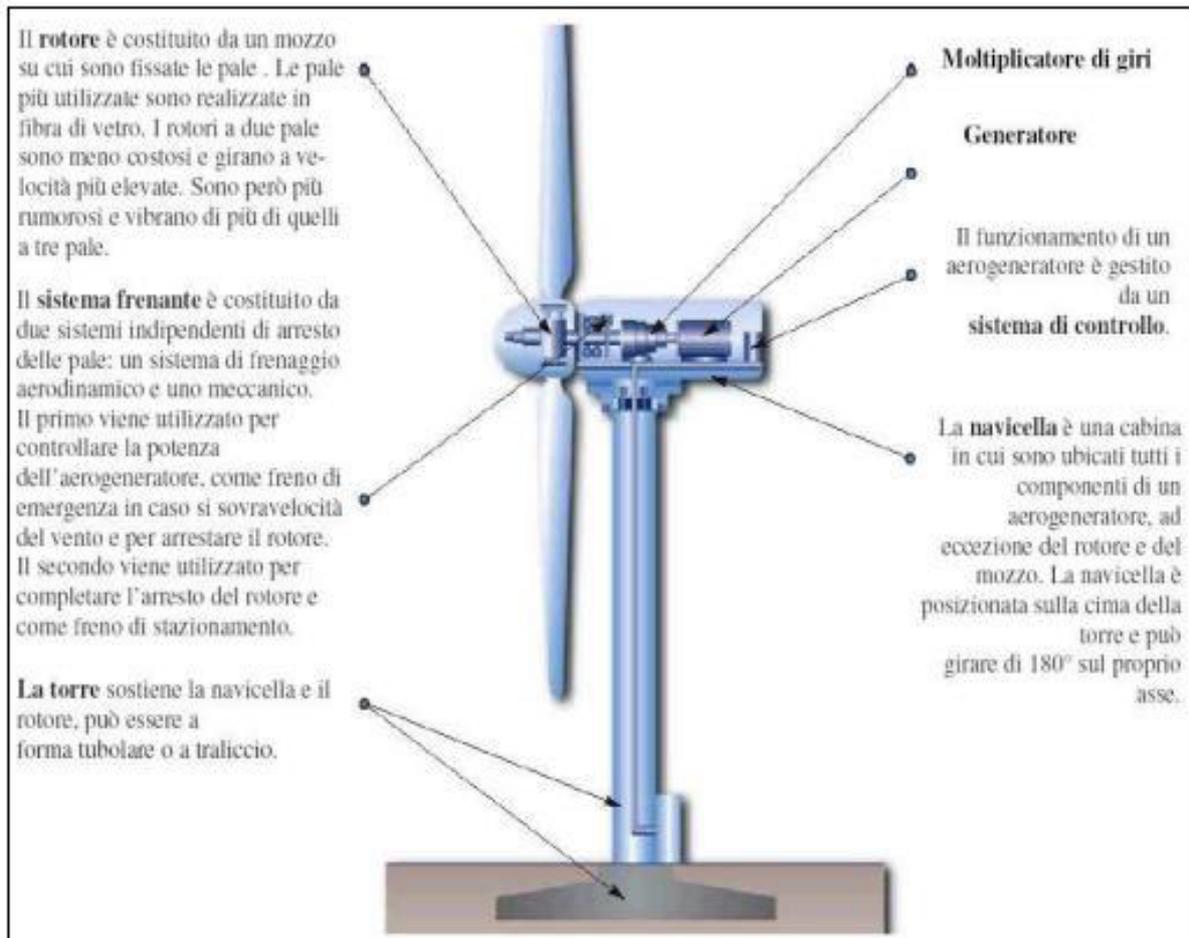


Figura 18 – Principali elementi di un aerogeneratore

4.2 Sicurezza dell'impianto

Importante, per la corretta progettazione di un impianto eolico, è che sia garantito un adeguato livello di sicurezza nei confronti del rischio derivante dagli effetti della corrente elettrica sul corpo umano oltre che da quelli derivanti da guasti o malfunzionamenti delle apparecchiature elettriche.

È necessario, pertanto, garantire la protezione dei circuiti contro i sovraccarichi e i cortocircuiti e delle persone contro i contatti diretti o indiretti o da tensioni di passo e di contatto pericolose per la vita umana.

4.2.1 Protezione dalle sovracorrenti e dai guasti a terra

La scelta degli apparecchi elettrici da utilizzare nelle applicazioni eoliche deve essere effettuata tenendo in conto i fattori ambientali e le sollecitazioni termiche e meccaniche. Accanto a questo occorre anche prevedere, ove necessario, la protezione delle diverse sezioni dell'impianto contro le sovracorrenti ed i guasti a terra.



In particolare, le sovracorrenti possono scaturire sia in condizioni di circuito sano che in condizioni di circuito guasto. Per tale motivo, gli interruttori sul lato MT saranno equipaggiati con protezioni generali di massima corrente e contro i guasti a terra opportunamente dimensionati e tarati per garantire un buon livello di selettività al corto circuito.

Qualora si abbia un guasto a terra in una sezione del circuito elettrico di potenza, la corrente di guasto sarà generalmente costituita dalla componente sostenuta dal generatore e dalla componente alimentata dalla rete.

4.2.2 Protezione dai contatti accidentali

La protezione dai contatti diretti e indiretti o comunque da tensioni di passo e di contatto avviene in accordo alla normativa vigente e in modo dedicato al sistema elettrico interessato. I sistemi ausiliari di ogni aerogeneratore saranno alimentati da un trasformatore separato BT/BT 720V/400V la cui alimentazione al primario è fornita direttamente dal convertitore. La protezione dai contatti indiretti sarà assicurata dall'installazione degli interruttori differenziali, mentre la protezione da sovracorrenti verrà garantita da interruttori magnetotermici. Il tutto è coadiuvato dalla realizzazione di una rete di terra primaria, estesa su tutti gli aerogeneratori, in grado di equipotenzializzare il terreno e ridurre la tensione totale di terra e dall'utilizzazione di relè di protezione attivi che garantiscono tempi di intervento accettabili.

4.2.3 Protezione dalle sovratensioni

Essendo installati all'aperto, gli impianti eolici possono essere soggetti a sovratensioni di origine atmosferica oltre che di manovra.

La protezione dai fulmini, oltre che una sicurezza in termini di rischio per il personale addetto alla manutenzione, protegge dal danneggiamento della struttura stessa e dei suoi componenti interni oltre che essere una precauzione contro le perdite economiche per mancata produzione energetica dovuta ad avaria dell'impianto.

La parte più esposta alle scariche elettriche sono le pale, in particolare le estremità, per le quali può essere previsto un danneggiamento che va dall'incrinazione della superficie alla sua completa disintegrazione.

La corrente di fulmine che colpisce la pala si propaga lungo tutta la struttura e dunque lungo la torre per essere scaricata a terra. Essa, dunque, deve essere opportunamente dispersa nel terreno da un sistema di messa a terra, il quale deve condurre correnti ad elevata intensità e frequenza senza che esse producano effetti termici o elettrodinamici pericolosi.

Nel progetto in esame, gli aerogeneratori di progetto sono protetti da scariche atmosferiche con protezione di Classe I secondo gli standards indicati dalle normative IEC 61024/1, IEC 61312-1, DIN VDE 0185 serie 103 e DIN VDE 0100 serie 534.

La protezione da fulmini per gli aerogeneratori consiste in un sistema di singole protezioni combinate come segue:



- protezione esterna da fulmini secondo la norma DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Part 3), per convogliare e distribuire l'energia dei fulmini nel terreno;
- ridurre le differenze di potenziale mediante una maglia di terra intorno alla fondazione del generatore;
- twistare i cavi discendenti dalla navicella alla fondazione per minimizzare le tensioni e le correnti indotte.

All'atto pratico il sistema consiste nell'installazione, all'interno delle pale, di captatori di fulmini, che convogliano l'energia del fulmine, attraverso dei conduttori in rame, al sistema di messa a terra del generatore, costituito da:

- dispersore intenzionale, ovvero un corpo conduttore, tipicamente una corda di rame in contatto elettrico con il terreno, che realizza un collegamento elettrico con la terra. È costituito da più anelli di terra realizzati su ogni area di sedime dell'aerogeneratore che ne circoscrivono la torre, tutti gli anelli sono interconnessi fra loro mediante un dispersore lineare interrato;
- collettori (o prese) di terra, ovvero l'elemento di collegamento al dispersore dei conduttori di protezione;
- conduttori di terra per il collegamento delle armature metalliche delle opere civili (dispersore di fatto) al dispersore intenzionale, nonché per i collegamenti dei collettori di terra, masse e masse estranee con il dispersore intenzionale;
- conduttori di protezione ed equipotenziali per i collegamenti fra masse o masse estranee e i collettori di terra.

La corda di rame da utilizzare per la costituzione del dispersore intenzionale di centrale (anelli di terra su ogni area di sedime e interconnessione fra questi) avrà le seguenti caratteristiche tecniche di massima:

- materiale: rame elettrolitico CU-ETP 99.9%;
- stato superficiale: nudo;
- stato fisico: crudo o ricotto;
- tolleranza: secondo norme CEI 7-1/1977;
- sezione: 50 mm²

Il dispersore intenzionale sarà interrato ad una profondità di circa 1,1 m rispetto ai piani finiti di strade, piazzali o quota del piano di campagna e sarà posata direttamente a contatto con uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm.

All'interno della torre dell'aerogeneratore, sarà presente un collettore di terra, il quale sarà utilizzato per la messa a terra di tutte le apparecchiature elettriche presenti all'interno della torre. Tale collettore è connesso alle 4 piastre presenti all'interno della torre, le quali sono opportunamente collegate tra di loro tramite una corda di rame (anello interno alla torre) che servirà per la messa a terra di tutte le altre masse presenti all'interno della torre.

Le quattro piastre saranno interconnesse con l'anello intermedio (esterno all'aerogeneratore), facente parte del dispersore dell'aerogeneratore.



I conduttori che afferiranno alle piastre saranno fissati alle stesse mediante collegamento tipo capocorda più bullone.

Inoltre, sul dispositivo in media tensione verrà installato una protezione da fulmine secondo le indicazioni della norma DIN 18014 per evitare che una sovratensione di origine atmosferica entri nel generatore attraverso la rete interna al parco.

Inoltre, il sistema di distribuzione interno a 660V sarà del tipo TN-S e il centro stella del trasformatore di macchina sarà messo a terra.

Infine, per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale verrà utilizzato un autotrasformatore con gruppo vettoriale Yan0 e tensioni 660/400V per alimentare motori, azionamenti, lampade e unità di controllo anche in questo caso il sistema per la distribuzione dell'energia ai servizi ausiliari sarà di tipo TN-S.

Inoltre, verrà installato un trasformatore di isolamento a 230V per l'alimentazione del controllore che garantirà la separazione galvanica dai rimanenti componenti in torre.

4.3 Fasi e modalità di esecuzione delle lavorazioni

Di seguito vengono riportate le caratteristiche delle opere civili necessarie per il progetto del parco eolico e la descrizione delle lavorazioni.

Uno schema generale delle varie fasi di realizzazione delle opere è il seguente:

- a) preparazione, allestimento area di cantiere e realizzazione delle aree di accesso al campo eolico;
- b) realizzazione di nuove piste e piazzole di adeguamento per le strade esistenti allo scopo di favorire il transito dei mezzi adottati per il trasporto speciale;
- c) scavi per la realizzazione delle opere di fondazione di aerogeneratori, posa delle armature degli stessi e getto di calcestruzzo;
- d) realizzazione delle trincee e posa dei cavidotti interrati MT;
- e) trasporto dei componenti di impianto, montaggio delle torri e degli aerogeneratori;
- f) collaudi elettrici e start up degli aerogeneratori;
- g) opere di ripristino e mitigazione ambientale.

Contemporaneamente alle opere sopra elencate verrà realizzata la nuova stazione elettrica di smistamento Terna che entrerà a far parte della RTN e l'impianto di accumulo elettrochimico.

4.4 Opere civili

4.4.1 Scavi e movimentazione terra

Per la costruzione dell'impianto si stimano scavi e movimentazione terra limitatamente alle seguenti attività:



- scavi a sezione obbligata per il percorso cavi interrati;
- fondazioni degli aerogeneratori;
- scavi di sbancamento per la realizzazione delle piazzole e delle trincee stradali;
- scavi per la realizzazione del piazzale, fabbricati ed altri manufatti della stazione elettrica utente per la connessione;
- scavi per la realizzazione del piazzale, fabbricati ed altri manufatti dell'impianto di accumulo elettrochimico;

Il terreno movimentato per gli scavi verrà impiegato per il rinterro se di caratteristiche adeguate.

Si riporta di seguito la movimentazione di terreno prevista; per maggiori dettagli si rimanda alla relazione preliminare terre e rocce da scavo.

Cavidotti MT	B [m]	H [m]	L [m]	N°	Scavo [m³]	Rinterro [m³]	Eccedenza [m³]
Cavidotti MT (1 terne)	0,6	1,3	5323	4	4151,94	4151,94	0,00
Cavidotti MT (2 terne)	0,6	1,3	737,2	2	575,02	575,02	0,00
Cavidotti MT (3 terne)	0,7	1,3	687,2	2	625,35	625,35	0,00
Totale			6747,4		5352,31	5352,31	0,00
Cavidotto esterno	B [m]	H [m]	L [m]	N°	Scavo [m³]	Rinterro [m³]	Eccedenza [m³]
Cavidotto MT (2 terne)	0,6	1,3	10972,9	2	8558,86	8558,86	0,00
Totale					8558,86	8558,86	0,00
Area impianto di accumulo elettrochimico	B [m]	H [m]	L [m]	N°	Scavo [m³]	Rinterro/sistemazione [m³]	Eccedenza [m³]
Scotico area	35	0,3	26	1	273,00		
Area impianto di accumulo					323,00	224,00	99,00
Totale					596,00	224,00	372,00
Piazzole e fondazioni aerogeneratori	B [m]	H [m]	L [m]	N°	Scavo [m³]	Rinterro/sistemazione [m³]	Eccedenza [m³]
Scotico piazzole	50	0,3	80	5	6000	6000	0
Piazzola WTG01	50		80	1	2476,00	3348,00	327
Piazzola WTG02	50		80	1	931,00	2174,00	-43
Piazzola WTG03	50		80	1	1949,00	2890,00	259
Piazzola WTG04	50		80	1	728,00	1859,00	69
Piazzola WTG05	50		80	1	799,00	1341,00	-542
Piazzola WTG06	50		80	1	745,00	1978,00	-33
Fondazioni aerogeneratori	-	-	-	6	5150,43	1545,00	3605,43
Totale					18778,43	21135,00	3642,43
Viabilità	B [m]	H [m]	L [m]	N°	Scavo [m³]	Ripporto [m³]	Eccedenza [m³]
Viabilità accesso agli aerogeneratori WTG01	5	-	534,24	-	1596,00	888,00	708,00
Viabilità accesso agli aerogeneratori WTG02	5	-	189,74	-	500,00	1500,00	-1000,00
Viabilità accesso agli aerogeneratori WTG03	5	-	192,8	-	458,00	972,00	-514,00
Viabilità accesso agli aerogeneratori WTG04	5	-	149,63	-	355,00	305,00	50,00
Viabilità accesso agli aerogeneratori WTG05			172,51		133,00	136,00	-3,00
Viabilità accesso agli aerogeneratori WTG06			303,7		363,00	589,00	-226,00
Viabilità accesso impianto di accumulo	5	-	30,7		0,00	45,00	-45,00
Viabilità accesso SE Terna	5	-	102,24		0,00	300,00	-300,00
Totale					3405,00	4735,00	-1330,00
Sbancamento SE Terna	B [m]	H [m]	L [m]	N°	Scavo [m³]	Ripporto [m³]	Eccedenza [m³]
SE smistamento Terna	-	-	-	1	7974,00	7955,00	19,00
Totale					7974,00	7955,00	19,00

Tabella 3 Stima movimento terra

L'eccedenza totale da smaltire in discarica è pari a **2703 mc.**



4.4.2 Fondazioni degli aerogeneratori

Tutte le opere di fondazione saranno progettate in funzione della tipologia del terreno in sito, opportunamente indagato tramite indagini geognostiche.

La fattibilità geologica e geotecnica delle opere previste è stata accertata attraverso uno studio geologico allegato al Progetto Definitivo, basato su una serie di prove sismiche di superficie; In fase di progettazione esecutive si darà avvio ad una campagna di indagini con l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo e prove di laboratorio sui provini che verranno prelevati;

Le aree interessate dalle opere di fondazione dovranno essere scoticate e livellate asportando un idoneo spessore di materiale vegetale (variabile dai 30 agli 50 cm); lo stesso verrà temporaneamente accatastato e successivamente riutilizzato in sito per la risistemazione (ripristini e rinterri) delle aree adiacenti le nuove installazioni. Dopo lo scotico del terreno saranno effettuati gli scavi fino alla quota di imposta delle fondazioni (2,40 – 3,50 m rispetto all'attuale piano di campagna rilevato nel punto coincidente con l'asse verticale del palo eolico).

A causa dei carichi rilevanti che andranno ad agire sulle fondazioni (carichi statici e dinamici, momenti alla base etc.), per garantire buoni valori di portanza del terreno, è prevista la realizzazione di fondazioni su pali. La tipologia, il numero ed il posizionamento dei pali dovrà essere stabilito a seguito delle indagini geotecniche e geognostiche in fase esecutiva ma, indicativamente, si prevede l'esecuzione di pali di fondazione di tipo "trivellato", armati e gettati in opera. Il diametro stimato di ogni palo è pari a 1,0÷1,2 m, la lunghezza potrà oscillare intorno ai 15÷25 m e dovrà in ogni caso garantire il loro appoggio su terreni rocciosi consolidati sottostanti e conseguentemente adeguati ai valori di portanza. Sulle teste dei pali emergenti dalle aree di scavo a quota max -3,50 m dal piano campagna, opportunamente scapitozzate, saranno realizzate le fondazioni degli aerogeneratori.

Le fondazioni avranno una base circolare ed armatura in ferro e saranno completamente interrate sotto il terreno di riporto, lasciando sporgenti in superficie solo i "dadi" tondi di appoggio nei quali sarà inghisata la virola di fondazione. Nella fondazione saranno inghisati una serie di "conduit" in plastica, opportunamente sagomati e posizionati, che dal bordo della fondazione stessa fuoriusciranno all'interno del palo metallico che vi sarà successivamente posato; nei conduit plastici saranno infilati i cavi elettrici di comando e controllo di interconnessione delle apparecchiature (tra aerogeneratori e quadri elettrici di controllo/trasformatori elevatori) e per i collegamenti di messa a terra.

Attorno ad ogni opera di fondazione sarà installata una maglia di terra in rame, o materiale equivalente con buone caratteristiche di conduttore, opportunamente dimensionata. Tale maglia sarà idonea a disperdere nel terreno e a mantenere le tensioni di "passo" e di "contatto" entro i valori prescritti dalle normative, nonché a scaricare a terra eventuali scariche elettriche dovute ad eventi meteorici (fulmini). Alla maglia saranno interconnesse tutte le masse metalliche che costituiranno l'impianto (apparecchiature esterne e tutte le masse metalliche che costituiranno le armature metalliche delle fondazioni). Alla stessa rete di terra sarà collegato quindi il sistema di dispersione delle scariche atmosferiche.



Dopo aver eseguito le opere di fondazione, le aree interessate dai lavori saranno risistemate realizzando il livellamento del terreno intorno alle fondazioni con materiali idonei compattati (tessuto non tessuto e misto granulometrico di idoneo spessore) e realizzando nell'attorno dell'aerogeneratore una piazzola per l'accesso e la manutenzione periodica delle macchine. La piazzola sarà collegata con le strade locali mediante una bretellina di accesso alla stessa. Le aree esterne alla strada e alla piazzola di accesso e di manutenzione ordinaria saranno, allo stesso modo, livellate e ripristinate allo stato precedente le opere di fondazione utilizzando il terreno di scotico precedentemente asportato. Si riporta di seguito uno stralcio della tavola allegata al progetto riguardante la carpenteria e le armature delle strutture di fondazione.

Sezione trasversale

Scala 1:100

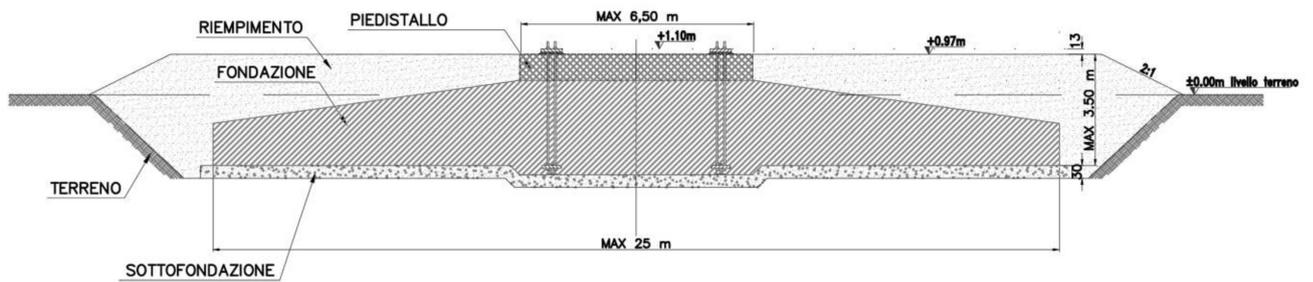


Figura 19 Sezione platea aerogeneratore

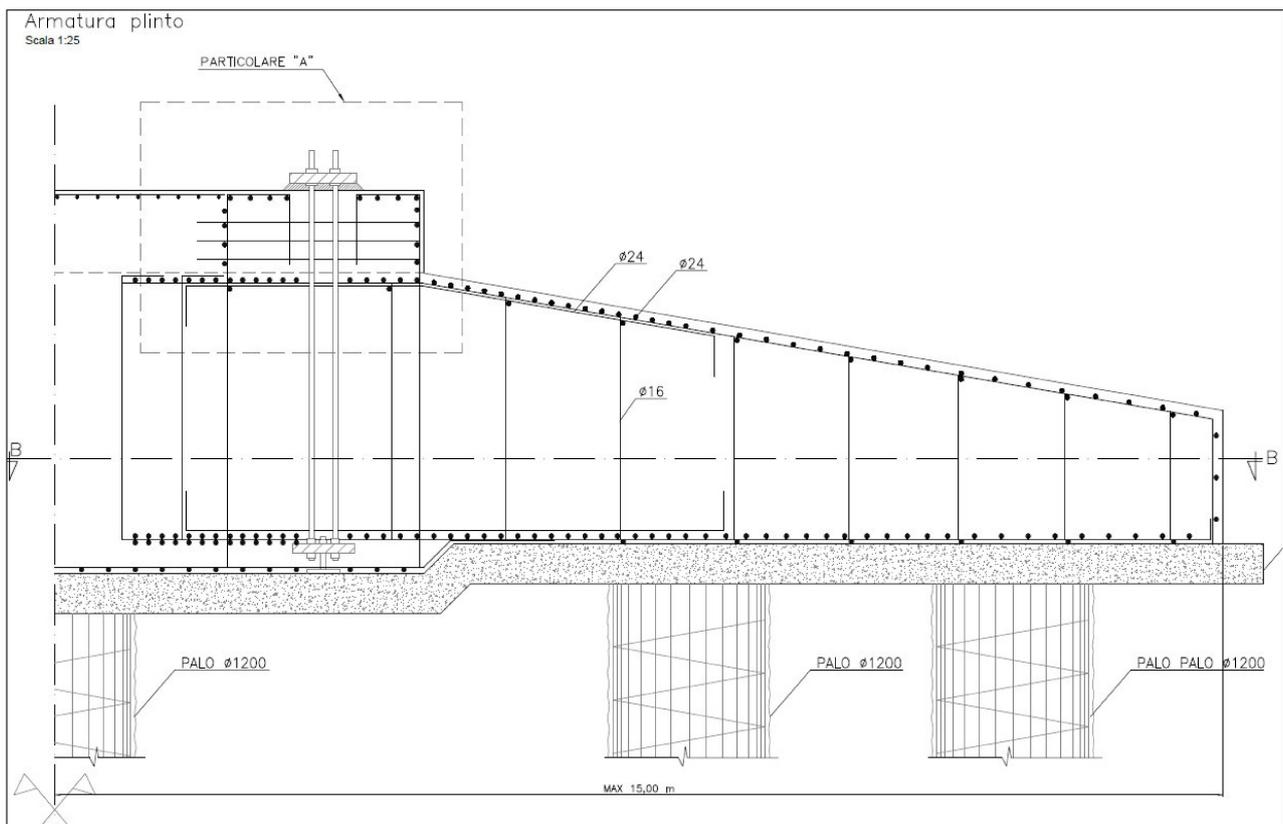


Figura 20 Sezione platea – armatura e sistema di fissaggio



4.4.3 Piazzole di montaggio degli aerogeneratori

Le piazzole di montaggio degli aerogeneratori sono opere, poste in prossimità degli stessi, che saranno realizzate allo scopo di consentire i montaggi meccanici degli aerogeneratori con gru ed il successivo accesso per l'esercizio dell'impianto. Si tratta di superfici piane di opportune dimensioni predisposte al fine di consentire il lavoro dei mezzi di sollevamento: esse contengono quindi, all'interno della loro complessiva superficie, la struttura di fondazione delle turbine e gli spazi necessari alla movimentazione dei mezzi e delle gru di montaggio.

Realizzate in piano o con pendenze minime (dell'ordine del 1-2% al massimo) che favoriscano il deflusso delle acque e riducano i movimenti terra, devono contenere, nello specifico, un'area sufficiente a consentire sia lo scarico e lo stoccaggio dei vari elementi dai mezzi di trasporto, sia il posizionamento delle gru (principale e secondarie). Esse devono quindi possedere i requisiti dimensionali e plano altimetrici specificatamente forniti dall'azienda installatrice degli aerogeneratori, sia per quanto riguarda lo stoccaggio e il montaggio degli elementi delle turbine stesse, sia per le manovre necessarie al montaggio e al funzionamento delle gru.

Il tipico di piazzola di montaggio previsto è mostrato nelle tavole grafiche di dettaglio allegate al progetto.

Per le piazzole si dovranno effettuare in sequenza la tracciatura, lo scotico dell'area, lo scavo e/o il riporto di materiale vagliato, il livellamento e la compattazione della superficie. Il materiale riportato al di sopra della superficie predisposta sarà indicativamente costituito da pietrame calcareo.

Nella fattispecie, la scelta delle macchine comporta la necessità di reperire per ogni aerogeneratore un'area libera da ostacoli di dimensioni complessive 50x80 m più una superficie di stoccaggio di dimensioni pari a 15x77 m non soggetta ad alcun tipo di movimento terra. La superficie di montaggio consta quindi delle seguenti aree:

- area sulla quale verrà impostata la fondazione dell'aerogeneratore;
- area montaggio e stazionamento gru principale;
- area stoccaggio delle componenti della torre e della navicella;
- area di stoccaggio temporanea con dimensioni di circa 15x77 m in cui verranno poggiati i rotori;
- aree per montaggio braccio gru principale (non soggetta a sbancamenti) e stazionamento gru ausiliare;



TIPOLOGICO PIAZZOLA IN FASE DI MONTAGGIO DELL'AEROGENERATORE

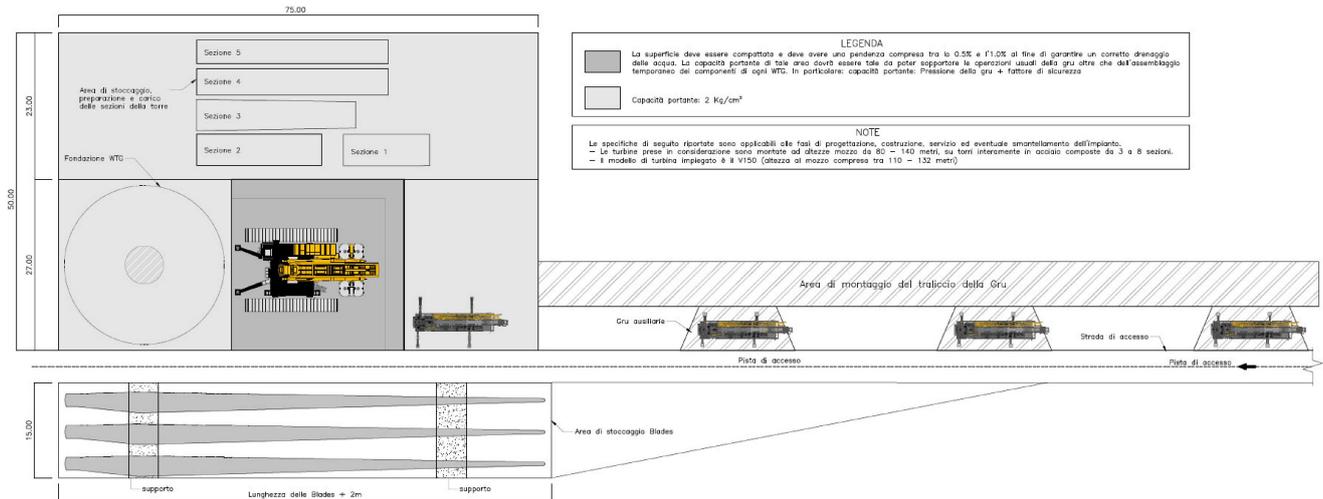
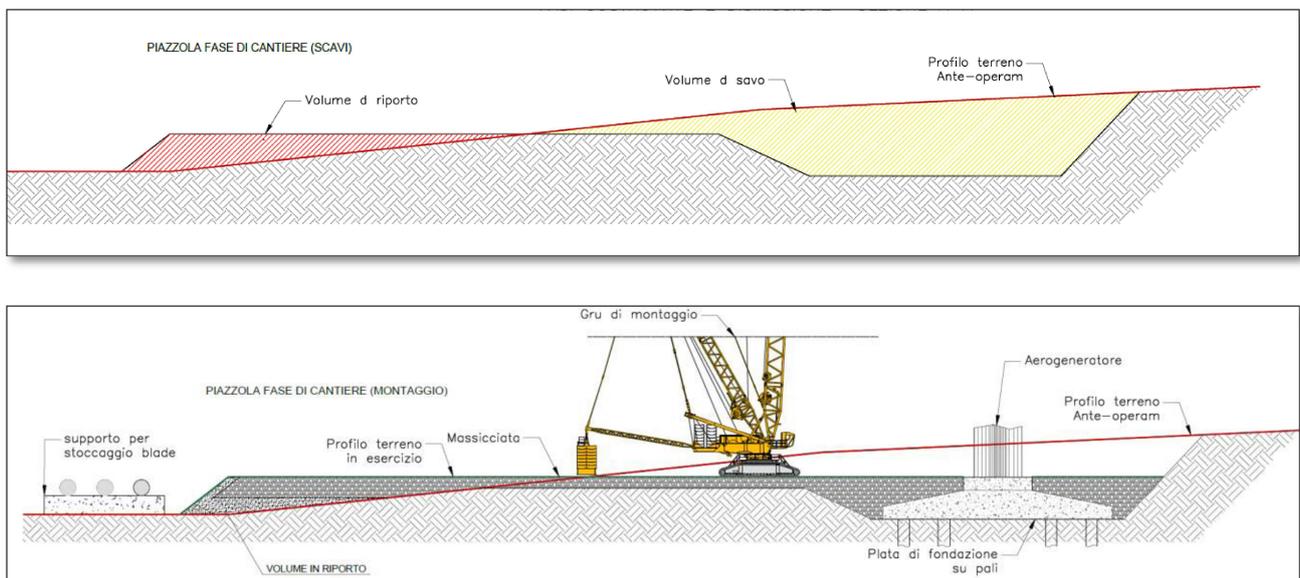


Figura 21 Tipologico piazzola di montaggio

La pavimentazione della piazzola sarà costituita da uno strato di base in 'tout venant' dello spessore di 40 cm; al di sopra verrà disposto uno strato di misto stabilizzato di spessore 20 cm; Al di sotto dello strato di 'tout venant' verrà disposto un tessuto geotessile.

A montaggio ultimato, la superficie delle piazzole verrà parzialmente ri-naturalizzata prevedendo il riporto di terreno vegetale e consentendo la semina e l'eventuale piantumazione laddove questa fosse presente. Allo stesso modo l'area di stoccaggio temporanea 15x77 m e le aree necessarie al montaggio verranno riportate nelle condizioni ante-operam.



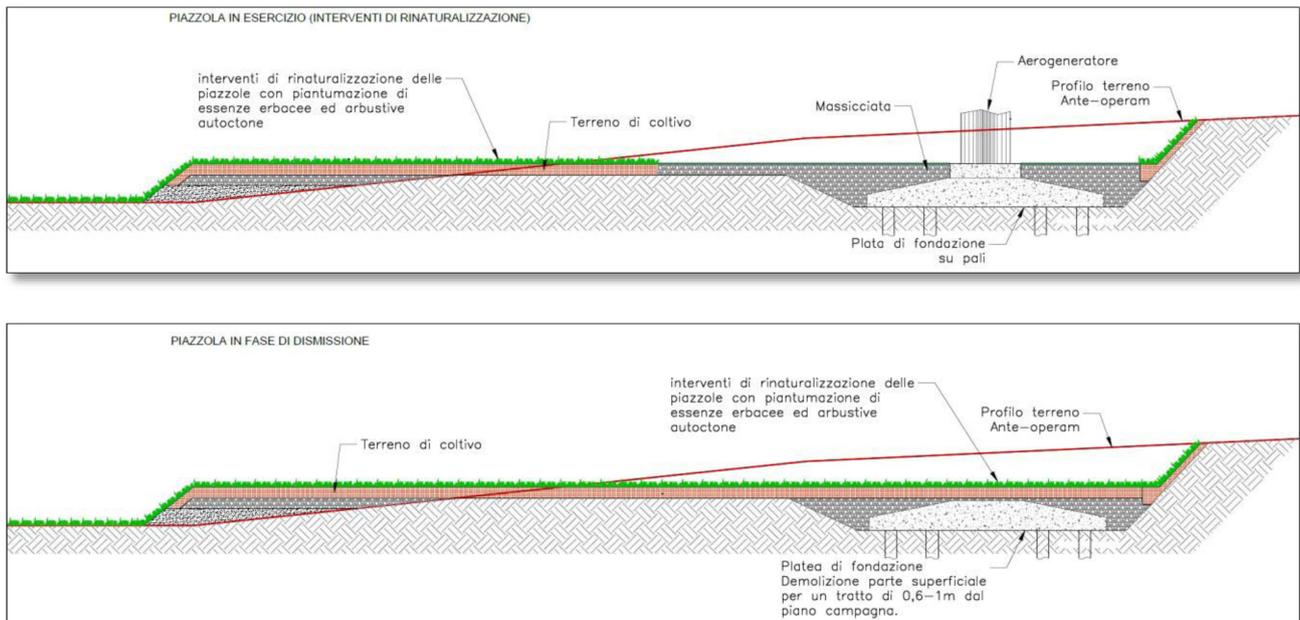


Figura 22 Fasi costruttive e di dismissione delle piazzole

Al termine della vita utile dell’impianto è prevista la dismissione ed il ripristino; allo scopo verrà rimosso buona parte del pietrisco, verrà rimosso il calcestruzzo superficiale del plinto di fondazione e successivamente si procederà alla rinaturalizzazione mediante apporto di terreno di coltivo e semina di specie autoctone.

Si riporta di seguito una tabella delle aree occupate dalle piazzole degli aerogeneratori.

Piazzole	AREE OCCUPATE [m ²]				
	Piazzola di montaggio	Area stoccaggio blade	Area montaggio gru	Area montaggio gru ausiliarie	Area movimentazione mezzi
WTG01	4447	1155	573	330	500
WTG02	4249	1155	573	330	500
WTG03	330	1155	580	330	500
WTG04	4250	1155	745	330	500
WTG05	4149	1155	525	330	500
WTG06	4223	1155	573	330	500



Piazzole	AREE OCCUPATE [m ²]							
	Piazzola di montaggio	Area stoccaggio blade	Area montaggio gru	Area montaggio gru ausiliarie	Area movimentazione mezzi	Area Piazzola accumulo elettrochimico	Area nuova stazione Terna	Area Cantiere base
WTG01	4447	1155	573	330	500	-	-	-
WTG02	4249	1155	573	330	500	-	-	-
WTG03	330	1155	580	330	500	-	-	-
WTG04	4250	1155	745	330	500	-	-	-
WTG05	4149	1155	525	330	500	-	-	-
WTG06	4223	1155	573	330	500	-	-	-
Area cantiere base								5000
Piazzola accumulo elettrochimico						1408	-	-
Nuova Stazione elettrica Terna						-	12119	-

4.4.4 Strade

All'interno del progetto si possono distinguere:

- strade esistenti da adeguare;
- strade di accesso agli aerogeneratori;
- strade di accesso alla stazione di smistamento Terna;
- strade di accesso all'impianto di accumulo elettrochimico;

La viabilità principale di accesso al sito è rappresentata dalla Strada Provinciale SP132 dalla quale verrà percorsa la strada comunale che condurrà ai 6 aerogeneratori. L'accesso alla sottostazione elettrica utente avviene invece attraverso la strada comunale 'serra dei bisì'. Le strade esistenti sono idonee al trasporto, pertanto non saranno oggetto di interventi di adeguamento. Per quanto riguarda la viabilità di progetto si riporta di seguito un elenco:

Piste di accesso	AREE OCCUPATE [m ²]	LUNGHEZZA TRACCIATO [m]
Pista WTG01	3415,26	534,24
Pista WTG02	0	189,74
Pista WTG03	1416	192,8
Pista WTG04	1305,7	149,63
Pista WTG05	1025	172,51
Pista WTG06	1859	303,7
Strada di accesso alla Stazione di accumulo elettrochimico	161,3	30,7
Strada di accesso alla SE terna	684,2	102,24

Tabella 4. Piste di accesso – dati essenziali

La progettazione è stata realizzata con il criterio di compensare sterri con riporti in modo tale da ridurre al minimo l'eccedenza; Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.



In generale, l'intervento prevede il massimo utilizzo della viabilità locale esistente, costituita da strade comunali, vicinali e interpoderali già utilizzate sul territorio per i collegamenti tra le varie particelle catastali di diversa proprietà. Laddove non sia invece presente una viabilità esistente di accesso ai singoli aerogeneratori, verranno realizzate le stradine di servizio, sempre con diramazione dalla viabilità esistente.

Le strade esistenti sono state valutate al fine di stabilire l'idoneità al transito dei mezzi d'opera ed ai mezzi di trasporto delle apparecchiature; In particolare, si rendono necessari interventi di consolidamento e di adeguamento della sola pavimentazione della strada comunale (L~2350 m) nell'area dell'impianto di generazione (strada comunale per Castelvetero e strada comunale Sticozze). Per un breve tratto adiacente all'aerogeneratore WTG02 (circa 100 m) si rende necessario l'adeguamento della livelletta stradale; Si riporta uno stralcio cartografico del tratto interessato da tali interventi.

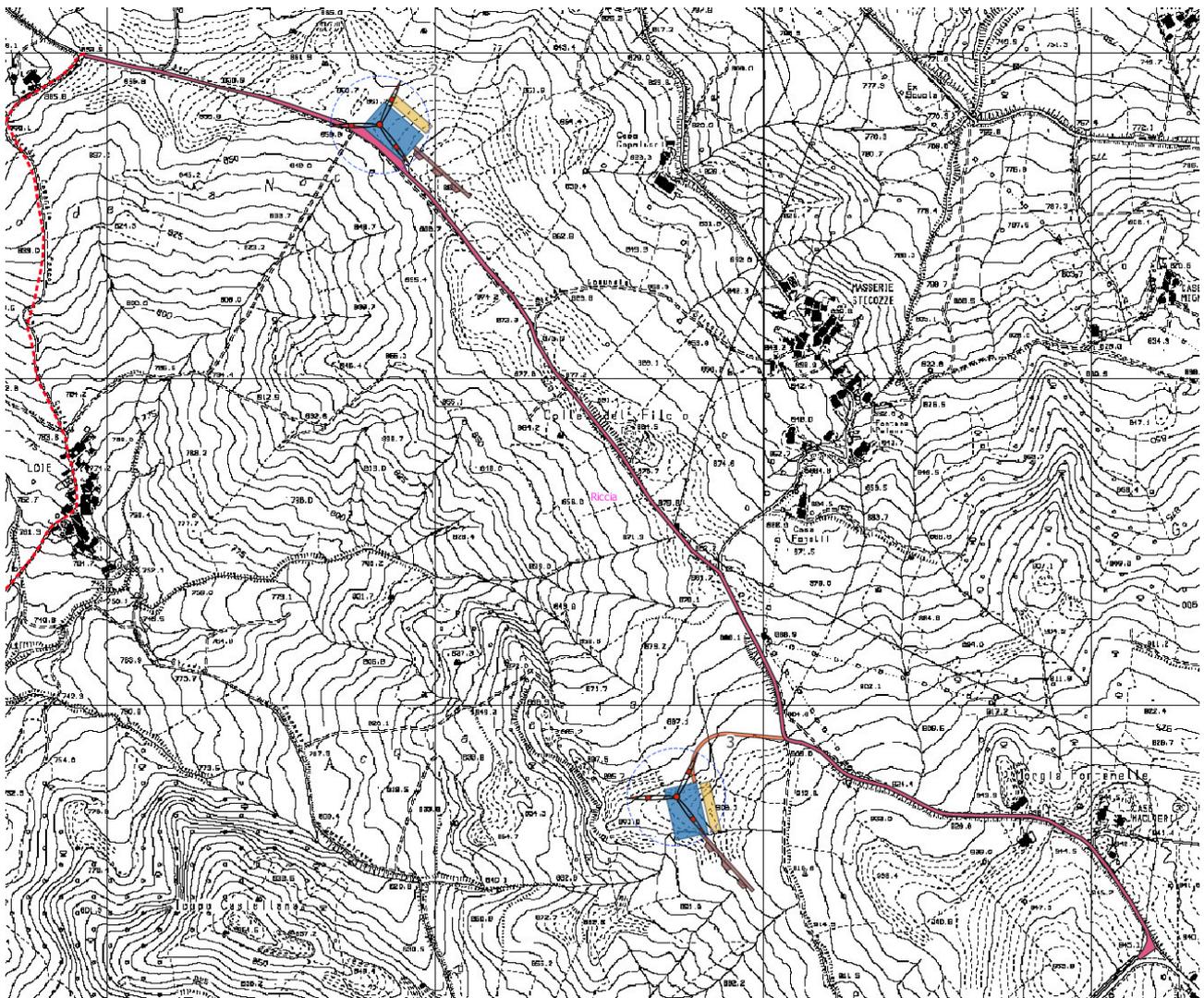


Figura 23 Stralcio CTR con strade comunali soggette ad interventi di adeguamento



Tali interventi saranno progettati in modo tale da apportare un miglioramento dello stato attuale delle strade. In particolare, si procederà al rifacimento della pavimentazione con l'utilizzo di misto compatto nei tratti in cui essa non risulta idonea al transito dei mezzi di cantiere. Per i tratti che allo stato di fatto risultano asfaltati si procederà al ripristino della pavimentazione con l'asportazione dello strato ammalorato ed il rifacimento della pavimentazione con strato di binder ed usura. Sono inoltre previsti alcuni allargamenti provvisori in corrispondenza dell'imbocco alla strada comunale di accesso a parco.

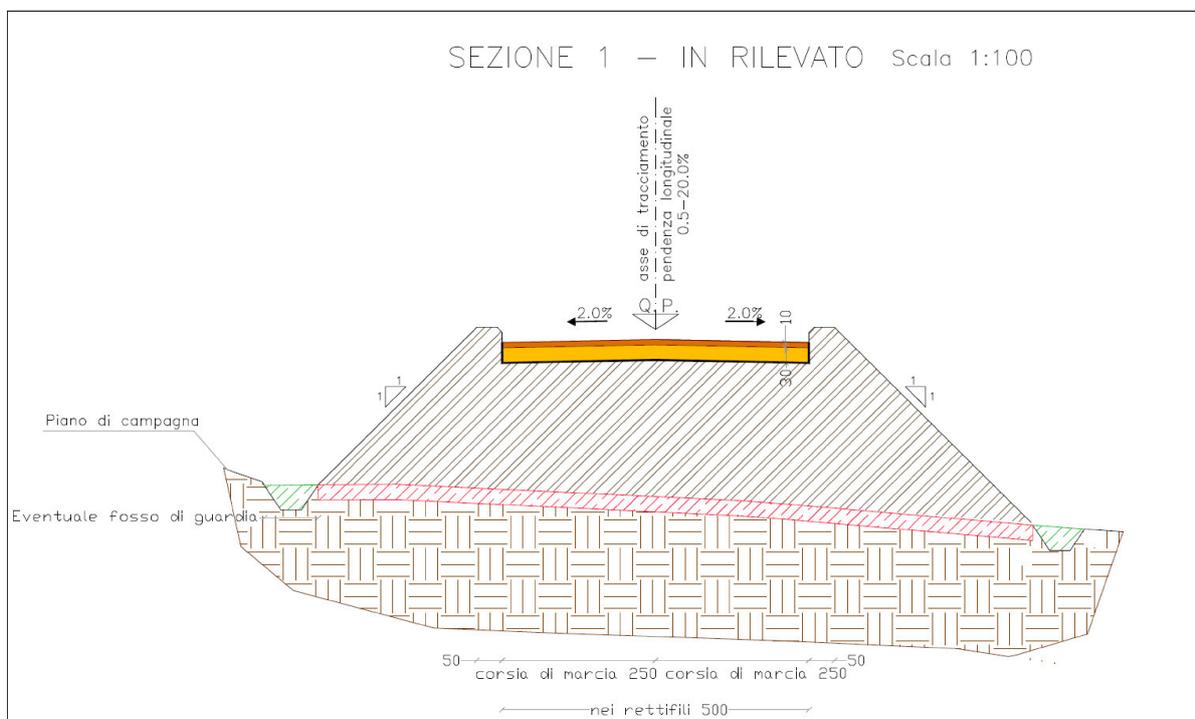
La viabilità da realizzare ex-novo consiste in una limitata serie di brevi tratti di strade in misura strettamente necessaria al fine di raggiungere agevolmente tutti i siti ove installare gli aerogeneratori. Queste avranno una larghezza massima di 5 m e saranno realizzate seguendo l'andamento topografico del sito, riducendo al minimo eventuali movimenti di terra ed utilizzando come sottofondo materiale calcareo pietroso, rifinendole con doppio strato di pietrisco (tout-venant di cava o altro materiale idoneo).

Tale viabilità sarà realizzata esclusivamente con materiali drenanti e non sarà prevista la finitura con pavimentazione stradale bituminosa.

Si eseguirà in successione:

- scoticamento di 20/30 cm del terreno esistente;
- regolarizzazione delle pendenze
- posa fibra tessile (tessuto/non-tessuto)
- posa dello strato in tout venant' (30 cm) e successivo strato in misto stabilizzato (10 cm) con realizzazione delle cunette ed eventuali fossi di guardia;

Si riportano di seguito le sezioni tipologiche; per maggiori dettagli circa i profili longitudinali e le sezioni trasversali si rimanda alle tavole relative alla progettazione stradale.



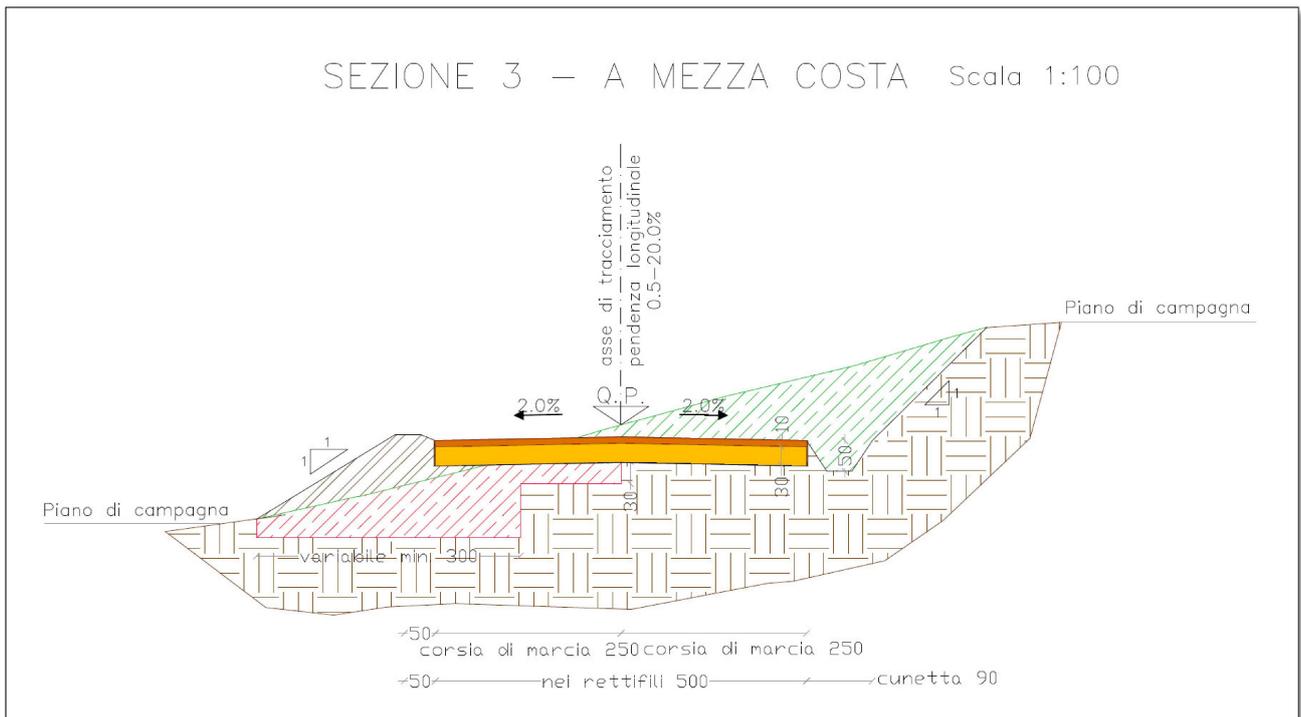
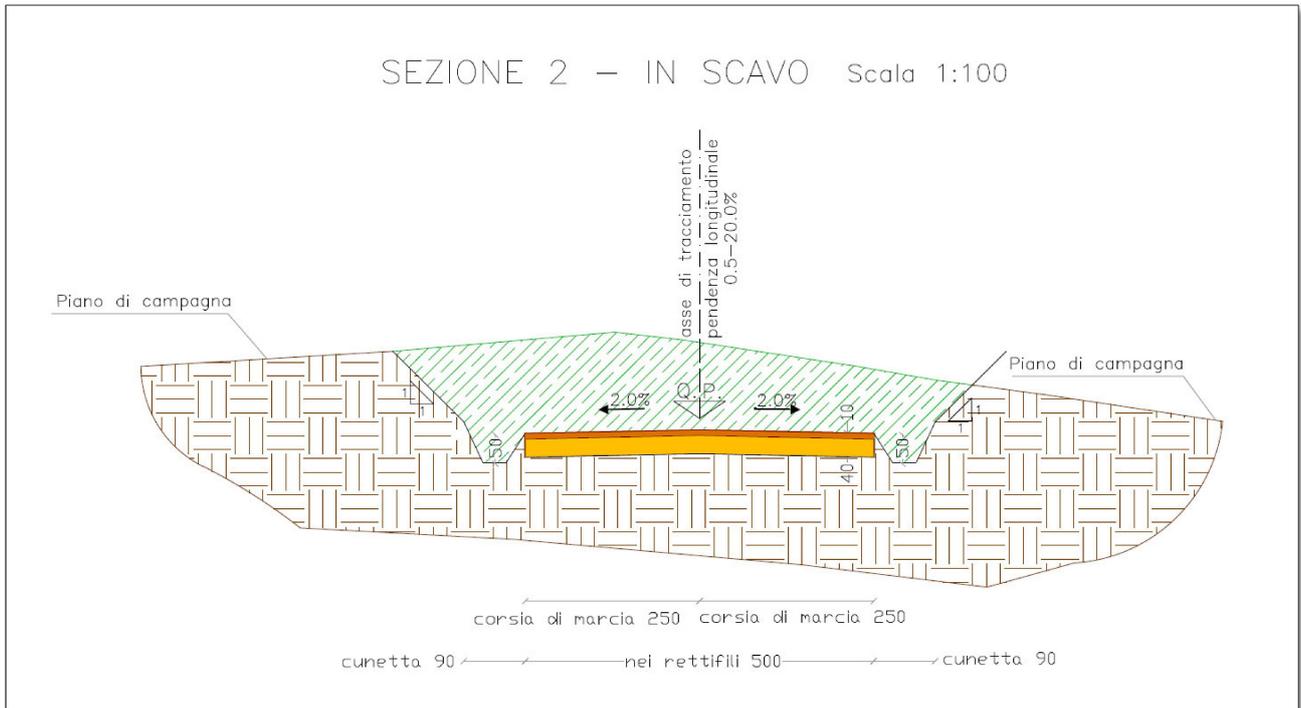


Figura 24 Sezioni tipologiche



4.4.5 Fabbricati e piazzali

I fabbricati dell’impianto di accumulo elettrochimico constano in 5 container storage per l’alloggiamento delle batterie, 4 container inverter/trasformatori ed un container di gestione dell’impianto; nella stessa area sono ospitati container relativi ad altro produttore.

Per maggiori dettagli si rimanda alla tavola grafica relativa all’impianto di accumulo elettrochimico.

Si riportano di seguito alcuni stralci.

La pavimentazione sarà costituita da un pacchetto in misto di cava compattato dello spessore di 40 cm e uno strato in bitume (binder+strato di usura) dello spessore di 10 cm. I container verranno alloggiati su idonea struttura (platea o travi) in calcestruzzo armato.

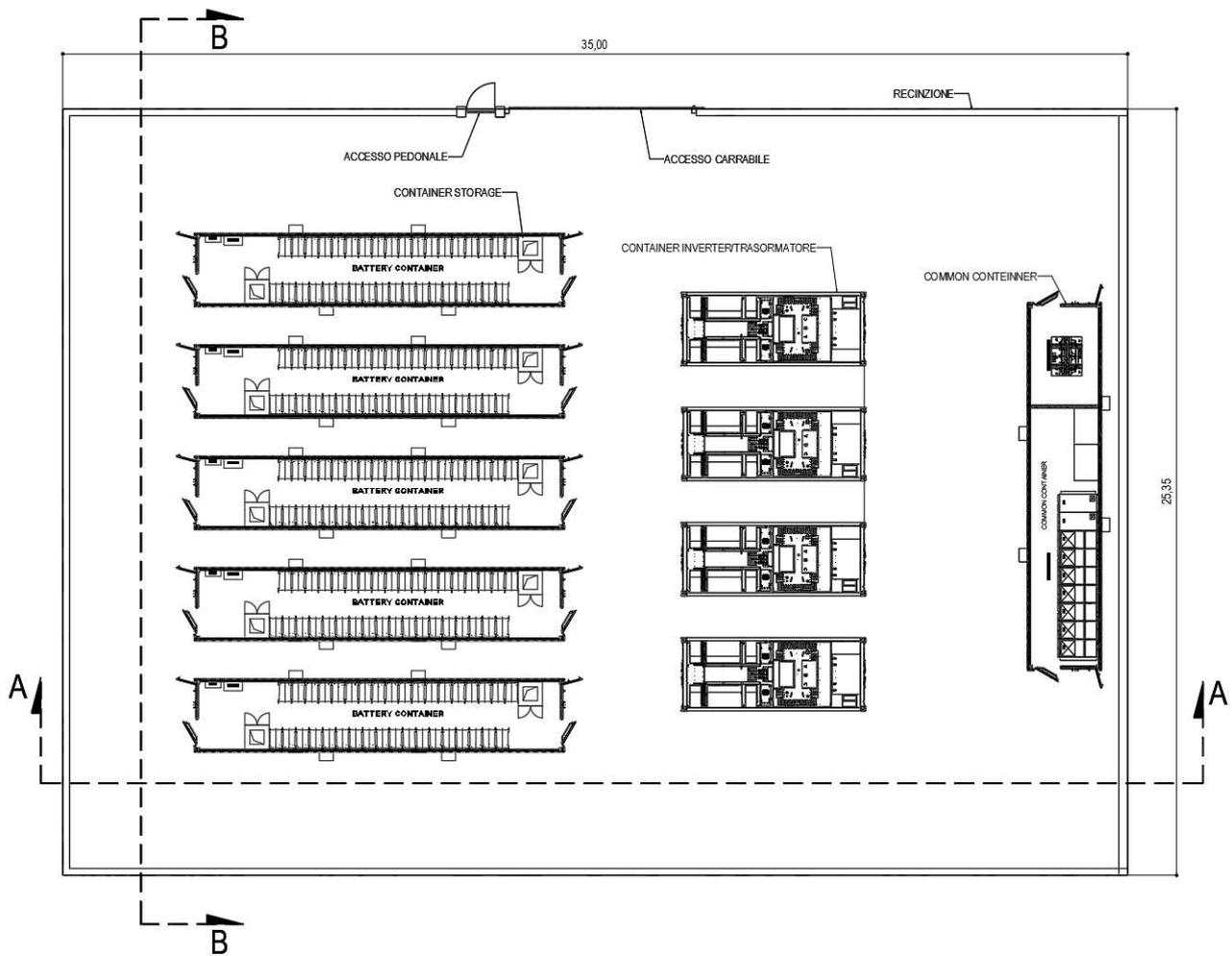


Figura 25 Planimetria impianto di accumulo elettrochimico



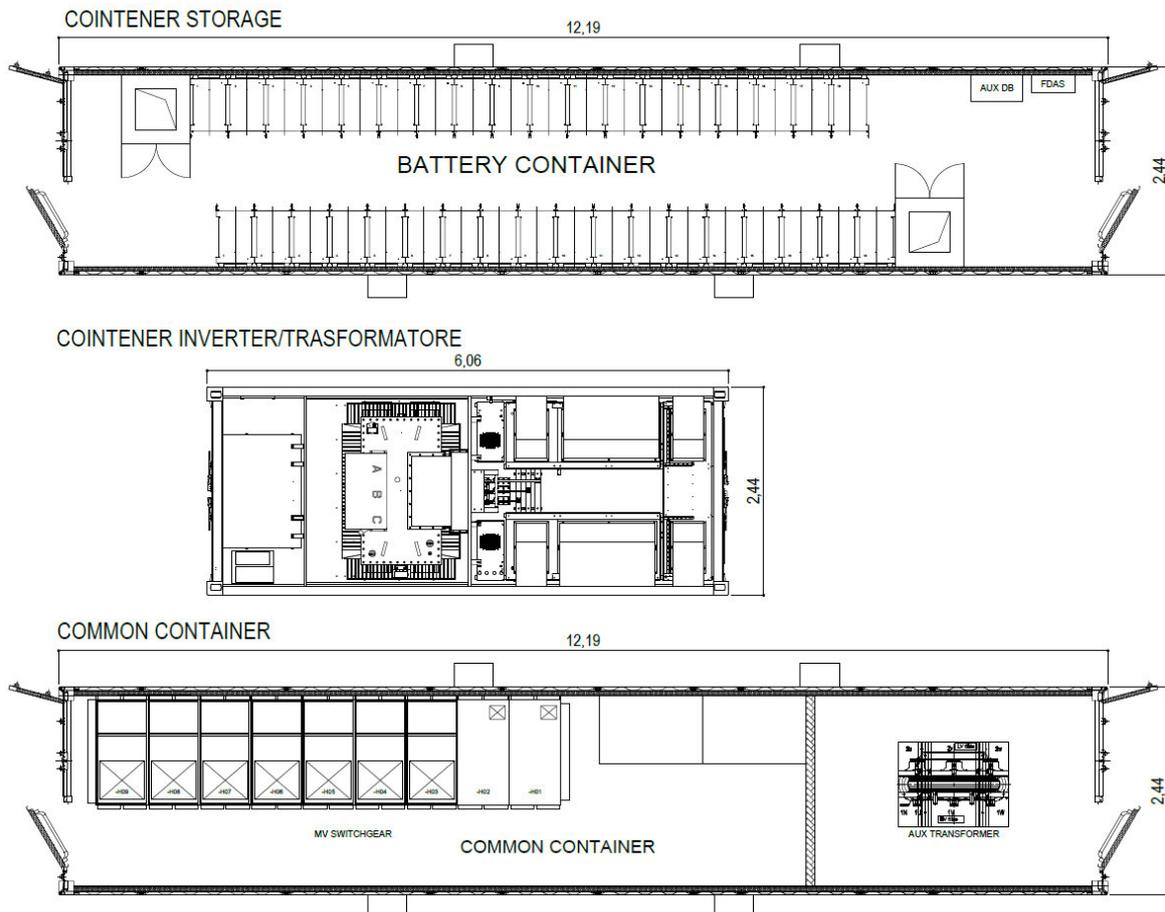


Figura 26 Piante container

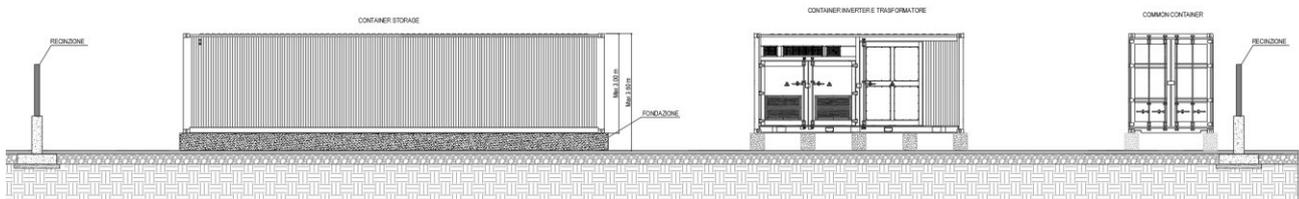


Figura 27 Sezione A-A

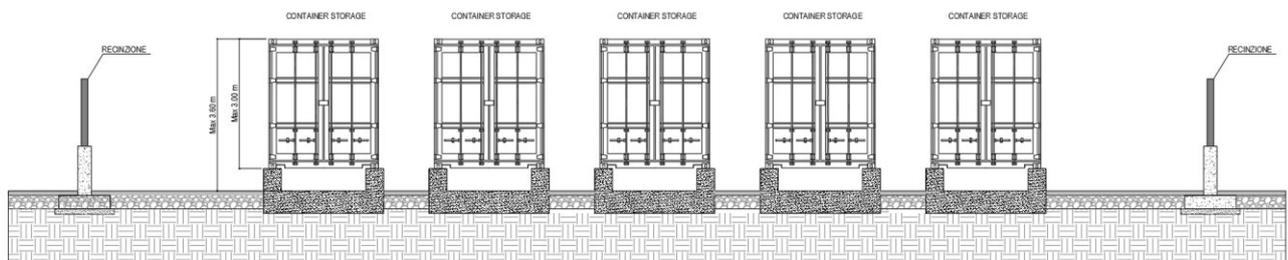


Figura 28 Sezione B-B



4.4.6 Fondazioni e cunicoli cavi

Le fondazioni dei sostegni sbarre, delle apparecchiature, degli ingressi di linea in stazione e del trasformatore saranno realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera.

Per le sbarre e per le apparecchiature, con l'esclusione degli interruttori, potranno essere realizzate anche fondazioni di tipo prefabbricato con caratteristiche, comunque, uguali o superiori a quelle delle fondazioni gettate in opera.

Le coperture dei pozzetti e dei cunicoli facenti parte delle suddette fondazioni, saranno in PRFV con resistenza di 2000 daN mentre i cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati. Le coperture in PRFV saranno carrabili con resistenza di 5000 daN.

4.4.7 Smaltimento acque meteoriche e fognarie

L'area del piazzale dell'impianto di accumulo elettrochimico verrà dotata di apposito impianto di trattamento delle acque meteoriche; Per la raccolta sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte dalle strade e dai piazzali in appositi collettori (tubi, vasche di prima pioggia, pozzi perdenti, ecc.).

Il funzionamento dell'impianto prevede che a seguito delle precipitazioni atmosferiche, le acque meteoriche di dilavamento del piazzale della sottostazione e dell'impianto di accumulo vengano convogliate in canalette grigliate di raccolta, da cui poi vengono canalizzate alla vasca per il trattamento depurativo di: grigliatura, accumulo, dissabbiatura e disoleazione.

In seguito a tale trattamento, le acque saranno recapitate mediante subirrigazione.

L'acqua depurata scorre in tubi in PEAD interrati disperdenti per consentire la sua distribuzione lungo il percorso. L'acqua viene spinta nel collettore principale (mandata), tramite un'elettropompa sommersa, attualmente ubicata nella sezione finale della vasca depurativa.

Per il trattamento delle acque di lavamento del piazzale, si ritiene opportuno utilizzare il seguente schema di raccolta e trattamento delle acque:

- pozzetto scolmatore (di by-pass);
- vasca deposito temporaneo di prima pioggia;
- sedimentatore;
- disoleatore;
- pozzetto d'ispezione.

4.4.8 Ingressi e recinzioni

Per l'ingresso all'impianto di accumulo elettrochimico, è previsto un cancello carrabile largo max 6,00 m ed un cancello pedonale, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato. La recinzione perimetrale deve essere conforme alla norma CEI 11-1.



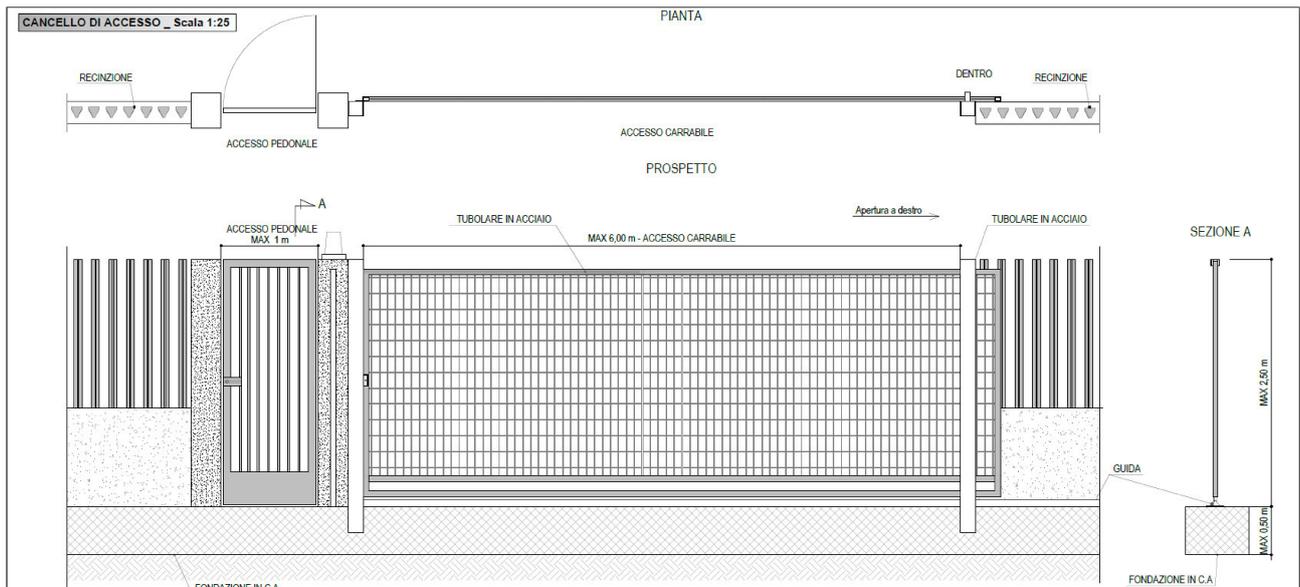


Figura 29 Prospetto cancello di ingresso

4.4.9 Illuminazione

L'illuminazione del piazzale dell'impianto id accumulo elettrochimico sarà realizzata con torri faro a corona mobile, con proiettori orientabili.

4.5 Opere ed infrastrutture elettriche

Il presente capitolo contiene tutte le informazioni relative alle opere elettriche necessarie per la realizzazione dell'impianto eolico.

4.5.1 Descrizione del progetto elettrico

L'impianto eolico da realizzare è costituito da n.6 aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase doppiamente alimentato ($P_{max} = 6$ MW) collegato al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina. I 6 gruppi di generazione sono tra loro connessi attraverso una linea in media tensione a 36 kV, realizzata in cavo con collegamento di tipo "entra-esci". In particolare dalla WTG05 parte una terna di cavi fino alla WTG04; Dalla WTG01 parte una terna di cavi che confluisce nella WTG02; dalla WTG06 parte il cavo che confluisce nella WTG04; dalla WTG04 parte una terna di cavi che confluisce nella WTG03; dalla WTG03 parte una terna di cavi fino alla WTG02; Dalla WTG02 partono due terne di cavi che confluiscono nell'impianto di accumulo elettrochimico; dall'impianto di accumulo elettrochimico partono due terne di cavi che arrivano al punto di consegna nella futura stazione elettrica di smistamento Terna nella quale avverrà la trasformazione 36/150 kV.



4.5.2 Componenti elettrici del parco eolico

I principali componenti dell'impianto elettrico sono:

- le unità di produzione di energia elettrica (aerogeneratori);
- i collegamenti in cavo elettrico interrato degli aerogeneratori alla SE di smistamento Terna
- l'impianto di accumulo elettrochimico della potenza di 10 MW e capacità 20 MWh;

I cavi per le linee MT avranno le seguenti caratteristiche di massima:

- Designazione: RG7H1R;
- Conduttori a corda rotonda compatta di alluminio;
- Grado di isolamento: min 36 kV;
- Sezione nominale $\geq 70 \text{ mm}^2$;
- Tensione nominale: 36 kV;
- Corrente massima di esercizio: 738 A;
- Frequenza Nominale: 50 Hz.

4.5.3 Aerogeneratore

I 4 generatori eolici che verranno installati sono caratterizzati da una torre di sostegno tubolare alla cui estremità è collegato il rotore tripala opportunamente accoppiato al gruppo di conversione elettromeccanica ospitato dalla navicella.

Di seguito vengono riassunti i principali dati tecnici degli aerogeneratori:

CARATTERISTICHE ELETTRICHE AEROGENERATORE DI PROGETTO	
Potenza nominale	6,0 MW
Diametro rotorico	150 m
Altezza torre	125 m
Numero di pale	3
Velocità di rotazione nominale	Compresa tra 6,5 e 11,6 rpm
Velocità di attivazione-bloccaggio	3 – 25 m/s
Tensione nominale	660 V
Frequenza	50/60 Hz
Livello di potenza sonora	$\leq 104.9 \text{ dB(A)}$
Convertitore	Full scale
Area spazzata	17672 mq

Tabella 4-5 Caratteristiche elettriche aerogeneratore



Il generatore è a magneti permanenti, per la massima efficienza garantita, ed è abbinato al convertitore “full scale” con regolazione di potenza realizzata attraverso variazioni di velocità del passo. La torre eolica sarà dotata di un trasformatore di macchina BT/MT 720V/15kV 7000 kVA, posto in un vano chiuso e separato della navicella, mediante il quale viene innalzata la tensione al valore di esercizio del sistema in media tensione di 15 kV. Inoltre, si prevede un trasformatore per i servizi ausiliari BT/BT 50 kVA 720V/400V, derivato dal primario del trasformatore elevatore.

Il tutto fa capo ad un quadro di torre di Media tensione, che oltre a collegare il generatore relativo alla torre dove è ubicato, ha la funzione di “entra-esce” all’interno del sottogruppo di aerogeneratori di cui fanno parte.

4.5.4 Convertitore di macchina

Prima di immettere l’energia elettrica in rete è necessario che le grandezze elettriche siano coerenti con i valori di esercizio della rete stessa. In particolare, la frequenza in uscita dal generatore dipende dalla velocità di rotazione del rotore e dal numero di coppie polari. Per garantire la frequenza lato rete costante, occorre interporre un convertitore che gestisca il generatore e le caratteristiche dell’intera potenza elettrica generata.

Il convertitore è caratterizzato da un primo stadio in cui si convertono le grandezze elettriche in uscita dal generatore che sono a frequenza variabile in grandezze continue e da un secondo stadio in cui le grandezze elettriche continue sono convertite in grandezze alternate a frequenza di rete. Oltre a gestire la frequenza, il convertitore consente di gestire i livelli di potenza attiva e reattiva desiderati (e altri parametri di connessione alla rete) adatti alla rete.

Il convertitore associato alle caratteristiche del generatore eolico suddetto è un sistema di conversione su larga scala (full-scale) con potenza nominale apparente 6200 kVA, posizionato nella navicella con tensione nominale di rete 720V. Invece, la tensione lato generatore è nominalmente di 800V, ma dipende ovviamente dalla velocità del generatore.

4.5.5 Linee MT

4.5.5.1 Descrizione del tracciato

Il tracciato dell’elettrodotto in oggetto è stato studiato secondo quanto previsto dalle normative vigenti e comparando le esigenze della pubblica utilità dell’opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

In generale, esso segue l’andamento della nuova viabilità di cantiere, della viabilità esistente (strade vicinali e tratturi) e attraverserà solo in minima parte i terreni incolti.

Tale tracciato avrà una lunghezza complessiva di circa 17720 m (dagli aerogeneratori alla stazione di consegna della RTN). Esso ricadrà nel comune di Riccia (CB) ed in minima parte nel comune di Cercemaggiore (CB). Si riporta di seguito nel dettaglio le caratteristiche dei tratti di cavidotto.



Cavidotto Interno		B [m]	H [m]	L [m]	Scavo [m3]	Rinterro [m3]	Eccedenza [m3]
Linea 1-A	1 terna	0,6	1,3	925,5	721,89	721,89	0
Linea A-2	3 terne	0,7	1,3	469,3	427,063	427,063	0
Linea 2-B-C	1 terna	0,6	1,3	1905,5	1486,29	1486,29	0
Linea B-3	2 terne	0,6	1,3	233,4	182,052	182,052	0
Linea C-D	2 terne	0,6	1,3	503,8	392,964	392,964	0
Linea C-6	1 terna	0,6	1,3	1163,8	907,764	907,764	0
Linea D-4	3 terne	0,7	1,3	217,9	198,289	198,289	0
Linea D-5	1 terna	0,6	1,3	1328,2	1035,996	1035,996	0
totale cavidotto interno				6747,4			
Cavidotto esterno		B [m]	H [m]	L [m]	Scavo [m3]	Rinterro [m3]	Eccedenza [m3]
Linea A-Impianto di accumulo	2 terne	0,6	1,3	10720,8	8362,224	8362,224	0
Linea Impianto di accumulo- Stazione Terna	2 terne	0,6	1,3	252,1	196,638	196,638	0
totale cavidotto esterno				10972,9			

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio sia per non superare dei predefiniti limiti di convenienza tecnico-economica;
- evitare di interessare nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio naturalistico, paesaggistico ed archeologico;
- transitare su aree di minore pregio interessando prevalentemente aree agricole e sfruttando la viabilità di progetto dell'impianto eolico.

È possibile distinguere tre differenti tipologie di posa nelle immagini seguenti (posa su strada con misto, posa su terreno, posa su strada asfaltata). Il dettaglio di quanto descritto è riportato nelle tavole allegate al progetto.



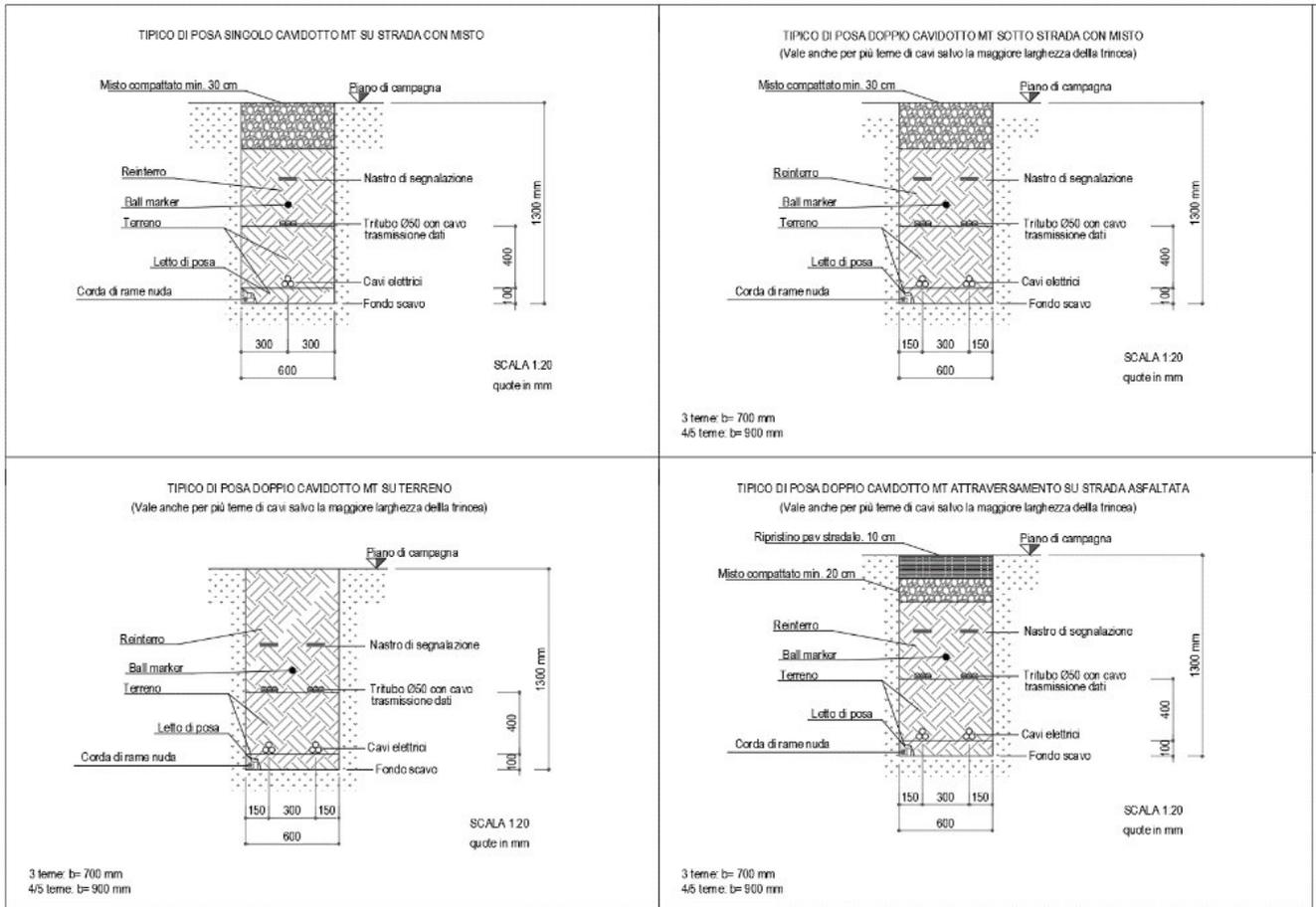


Figura 30 – Tipici cavi MT interrati

4.5.5.2 Caratteristiche tecniche

L'interconnessione tra le torri eoliche e tra queste e la stazione di impianto sarà effettuata mediante cavidotti in media tensione a 30 kV. Si considera un cavo con un conduttore per fase, in maniera tale da realizzare una terna trifase di conduttori, posati in piano all'interno di tubi protettivi e totalmente interrati.

Nello specifico, per l'interconnessione tra gli aerogeneratori saranno impiegati cavi tripolari con armatura in acciaio, mentre per il tratto di connessione finale alla cabina saranno impiegati cavi unipolari non armati.

I cavidotti saranno interrati lungo tutto il tracciato di connessione; alcuni tratti del cavidotto esterno potranno essere eseguiti con tecnologia TOC (si veda tavola interferenze).

È possibile individuare i seguenti rami di connessione:

- Ramo 1: WTG05 – WTG04;
- Ramo 2: WTG06 – WTG04;
- Ramo 3: WTG04 – WTG03;



Ramo 4: WTG03 – WTG02;

Ramo 5: WTG01 – WTG02

Ramo 6: WTG02 – Impianto di accumulo elettrochimico (IAEC)

Ramo 7: Impianto di accumulo elettrochimico (IAEC) – SE smistamento Terna;

I cavi unipolari impiegati saranno di tipo RG7H1R – Umax 36 kV;

Di seguito sono riportate le principali caratteristiche tecniche dei singoli conduttori:

ID	Potenza [kW]	Tensione [kV]	cos fi (Fattore di potenza)	sen fi	Corrente - Ib [A]	Lunghezza linea [m]	Sezione cavo [mmq]
WTG5 - WTG4	6.000	36	1	0	96,23	2477,50	3x1x70
WTG6 - WTG4	6.000	36	1	0	96,23	2786,00	3x1x70
WTG4 - WTG3	18.000	36	1	0	288,68	2602,00	3x1x120
WTG3 - WTG2	24.000	36	1	0	384,90	1389,80	3x1x240
WTG1 - WTG2	6.000	36	1	0	96,23	1394,28	3x1x70
WTG02 - IAEC	36.000	36	1	0	577,35	11198,60	2x(3x1x300)
IAEC - CONSEGNA	46.000	36	1	0	737,73	251,90	2x(3x1x300)

Tabella 4-6 Dimensionamento linee Media tensione

La portata indicata in tabella per il singolo cavo è relativa alle condizioni di posa adottate, di seguito riportate:

- temperatura del terreno stimata: 25°C;
- distanza tra i circuiti (innumero pari a 3): 0,25 m;
- profondità di posa: 1,1 m;
- condizioni di posa: terreno asciutto;
- resistività del terreno ipotizzata: 2 km/W;
- posa in tubi protettivi.

4.5.5.3 Giunzioni, terminazioni ed attestazioni linee MT

4.5.5.3.1 Giunzione cavi

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile (lunghezza minima della pezzatura 600 m), si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni.



Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti. Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la norma CEI 20-24 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti.

L'esecuzione delle giunzioni sarà effettuata secondo le seguenti indicazioni:

- 1) prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;
- 2) non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- 3) utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

Ad operazione conclusa devono essere applicate sul giunto delle targhe identificatrici per ciascun giunto in modo da poter individuare: l'esecutore, la data e le modalità di esecuzione.

4.5.5.3.2 Terminazione ed attestazione cavi

Tutti i cavi MT posati dovranno essere terminati da entrambe le estremità.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri, si deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto.

Lo schermo dovrà essere collegato a terra da entrambe le estremità. Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta a identificare: esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (R, S o T).

I cavi per l'impianto di media tensione a 36 kV saranno in rame di tipo unipolare schermati armati quindi oltre alla messa a terra dello schermo sopra detta, si dovrà prevedere anche la messa a terra dell'armatura del cavo. Tale armatura, che rimane esterna rispetto al terminale, sarà collegata a terra nel seguente modo:

- tramite la saldatura delle due bande di alluminio della codetta del cavo di rame;
- tramite una fascetta (di acciaio inossidabile o di rame) che stringa all'armatura la codetta di un cavo di rame;
- tramite morsetti a compressione in rame (previo attorcigliamento delle bande di alluminio componenti l'armatura ed unione alla codetta del cavo di rame).

La messa a terra dovrà essere effettuata da entrambe le parti del cavo. Tale messa a terra sarà connessa insieme alla messa a terra dello schermo. Il cavo di rame per la messa a terra, sia dell'armatura che dello schermo, deve avere una sezione di 35 mm².

4.5.5.3.3 Giunti di isolamento cavi

Sui cavi MT in uscita dall'impianto dovranno essere realizzati i giunti di isolamento tra gli schermi dei due diversi impianti di terra (dispensore di terra della stazione elettrica e dispensore di terra dell'impianto eolico).



I giunti di isolamento dovranno garantire la tenuta alla tensione che si può stabilire tra i due schermi dei cavi MT e dovranno essere realizzati in modo tale da ottenere una ottimale distribuzione del campo elettrico (campo tipo radiale) evitando pericolose concentrazioni di campo elettrico per spigolosità.

Sui giunti realizzati dovranno essere incluse targhe identificative di esecuzione giunti su cui devono essere riportati (mediante incisione) il nominativo dell'esecutore e la data di esecuzione dei giunti stessi.

4.5.5.4 Posa dei cavi interrati

4.5.5.4.1 Modalità di posa

I cavi elettrici, rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna, saranno posati negli scavi alla profondità di circa 1,2m. I cavi saranno posati direttamente all'interno di uno strato di materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di circa 30 cm, su cui saranno posati i tegoli o le lastre copricavo. Un nastro segnalatore sarà immerso nel rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido.

La posa dei conduttori si articolerà quindi essenzialmente nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicato nel documento;
- posa dei conduttori e fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate dal documento;
- rinterro parziale con terreno; posa di eventuali tegoli protettivi ove si rendono necessari;
- rinterro con terreno di scavo;
- inserimento nastro per segnalazione tracciato.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- *Tracciato delle linee:* Il tracciato delle linee di media tensione dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto. In particolare, il tracciato dovrà essere il più breve possibile e parallelo al fronte dei fabbricati dove presenti.
- *Posa diretta in tubazioni:* I cavi saranno posizionati all'interno di tubi protettivi flessibili (tubi corrugati).

La posa del cavo deve essere preceduta dall'ispezione visiva delle tubazioni e dall'eventuale pulizia interna. L'imbocco delle tubazioni deve essere munito di idoneo dispositivo atto ad evitare lesioni del cavo.

Nelle tratte di canalizzazioni comprensive di curve in tubo posato in sabbia, la tesatura del cavo deve essere realizzata con modalità di tiro che non produca lesioni al condotto di posa.



Per limitare gli sforzi di trazione si può attuare la lubrificazione della guaina esterna del cavo con materiale non reagente con la stessa.

La bobina sarà collocata in prossimità dell'ingresso della tubazione, con asse di rotazione perpendicolare all'asse longitudinale della tubazione stessa ed in modo che lo svolgimento del cavo avvenga dalla parte inferiore della bobina.

Il tiro dovrà essere effettuato mediante un argano dotato di frizione regolabile disposto il più vicino possibile al luogo di arrivo della tratta da posare. È necessario evitare che il cavo, nel passaggio fra bobina e tubo, venga assoggettato a piegature o a sforzi di torsione.

L'applicazione del tiro deve avvenire in maniera graduale e per quanto possibile continuo, evitando le interruzioni.

Gli sforzi di tiro non devono determinare scorrimenti tra conduttori e gli isolanti del cavo, a tal fine dovranno essere utilizzate metodologie atte a scaricare i momenti torcenti che si sviluppano durante il tiro.

Lo svolgimento del cavo deve avvenire mediante rotazione meccanica o manuale della stessa. È vietata la rotazione della bobina tramite il tiro del cavo stesso al fine di evitare anomali sollecitazioni del cavo.

Appositi rulli di scorrimento dovranno essere utilizzati al fine di evitare che durante l'introduzione il cavo strisci contro spigoli metallici (es. telai dei chiusini) o di cemento (es. imboccatura di polifore, pozzetti, canalette ecc.).

Al fine di limitare il più possibile il numero di giunzioni lungo il percorso saranno stese tratte di cavo di lunghezza massima possibile soddisfacendo comunque le prescrizioni di tiro massimo.

La presenza del cavo interrato dovrà essere segnalata con adeguati cippi se il tracciato è su strada oppure con cartelli su paletti se il tracciato attraversa terreni.

- *Posa diretta in trincea:* La posa del cavo può essere effettuato secondo i due metodi seguenti:
 - **a bobina fissa:**

da adottare quando il percorso in trincea a cielo aperto è intercalato con percorsi in tubazioni e quando il percorso è prevalentemente rettilineo o con ampi raggi di curvatura. La bobina deve essere posta sull'apposito alzabobine, con l'asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea e in modo che si svolga dal basso. Sul fondo della trincea devono essere collocati, ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo, i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 metri.

- **a bobina mobile:**

da adottare quando il percorso si svolge tutto in trincea a cielo aperto. Il cavo deve essere steso percorrendo con il carro portabobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo.

L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra e a sinistra seguendo una linea sinuosa, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.

Temperatura di posa: Per tutto il tempo di installazione dei cavi, la temperatura degli stessi non deve essere inferiore a 0°C



Sforzi di tiro per la posa: Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro devono essere applicati ai conduttori, e non devono superare i 60 N/mm^2 di sezione totale. *Raggi di curvatura:* Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 830 mm

Messa a terra degli schermi metallici: Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea. è vietato

usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.

4.5.5.4.2 Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrate

I cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta.

4.5.5.4.2.1 Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici

I cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta.

4.5.5.4.2.2 Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Negli incroci il cavo elettrico, di regola, deve essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione. La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore a 0,30 m ed inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi. Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente. Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza necessità di effettuare scavi.

4.5.5.4.2.3 Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione i cavi elettrici devono di regola, essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono posare possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra, è ammesso posare i cavi in vicinanza purché sia mantenuta tra i due cavi una distanza minima, in proiezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m. Qualora detta distanza non possa essere rispettata è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- cassetta metallica zincata a caldo;
- tubazione in acciaio zincato a caldo;
- tubazione in PVC o fibrocemento, rivestite esternamente con uno spessore di calcestruzzo non inferiore a 10 cm.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla maggiore profondità quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m.



Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata, in appositi manufatti (tubazione, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso rendendo possibile la posa e la successiva manutenzione senza la possibilità di effettuare scavi.

4.5.5.4.2.4 Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrato

La distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrato parallelamente ad esse non deve essere inferiore a 0,30 m.

Si può tuttavia derogare dalla prescrizione suddetta previo accordo tra gli esercenti quando:

- la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;
- tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubi convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro tipo di posa è invece consentito, previo accordo tra gli Enti interessati, purché il cavo elettrico e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro. Le superfici esterne di cavi d'energia e tubazioni metalliche interrato non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse. Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio. Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi elettrici e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m. Tale distanza può essere ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano si venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica.

Le distanze suddette possono ulteriormente essere ridotte, previo accordo fra gli enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in un manufatto di protezione non metallico. Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

4.5.5.5 Posa dei conduttori di terra

Il conduttore di terra deve essere interrato ad una profondità di circa 1,1 m dal piano di campagna. Il conduttore in corda di rame nuda di sezione pari a 35 mm² dovrà essere interrato in uno strato di terreno vegetale, di spessore non inferiore a 20 cm, ubicato nel fondo scavo della trincea come indicato nel documento.

In riferimento alla coesistenza con altre opere interrato si rimanda a quanto esposto nel paragrafo precedente per i cavi interrati MT.



4.5.6 Impianti ausiliari

La sottostazione utente e l'area dell'impianto di accumulo elettrochimico saranno dotate di impianti ausiliari quali:

- impianto di illuminazione esterna;
- Impianto di videosorveglianza ed antiintrusione
- impianto rilevazione incendi;
- fibra ottica e impianti di telecontrollo.

4.5.6.1 Impianto di illuminazione esterna

L'illuminazione esterna sarà realizzata con proiettori simmetrici in Classe II equipaggiati con lampade da 250 W, ed installati a coppie, con l'ausilio di opportuna staffa su pali in PVC di altezza f.t. massima 8 m.

La connessione elettrica al Quadro Ausiliari installato all'interno dei locali tecnici avverrà tramite cavi FG7OR 4x2,5 mmq, installati all'interno di cavidotti interrati in PVC (nel piazzale interno) e pozzetti rompi tratta di dimensioni 40x40 cm. I cavidotti saranno interrati, ad una profondità di 80 cm dal piano stradale, posati su letto di sabbia e quindi ricoperti con sabbia per uno spessore medio di 30 cm. Successivamente avverrà il rinterro con materiale vagliato rinvenente dagli stessi scavi. La finitura superficiale sarà quella del piazzale esterno.

4.5.6.2 Impianto antiintrusione e videosorveglianza

L'impianto antintrusione costituito da una centralina a microprocessore con linea antimanomissione, alimentatore, batterie ermetiche e ripetitore telefonico, collegata a rilevatori a doppia tecnologia con sensori a microonde e infrarossi installati a parete all'interno dei locali tecnici, così come indicato negli elaborati grafici di progetto. Tutti i collegamenti saranno effettuati con cavi 6x0,22+2x0,50 mm, installati all'interno di tubazioni in PVC rigido fuoritraccia IP55, installate a vista all'interno dei locali. L'impianto sarà dotato di chiave di prossimità per attivazione e disattivazione.

La struttura sarà inoltre dotata di sistema di videosorveglianza con registrazione degli eventi, costituito dalle seguenti componenti:

- Telecamere fisse ad altissima risoluzione con sistema ad infrarossi (risoluzione 500/600 linee TV, focale 6-50 mm);
- Videoregistratore digitale a 16 ingressi con HDD da 2Tb e gestione indirizzo IP statico/dinamico;
- Cavo coassiale di segnale FTP 4x (2x0,22) mmq schermato a coppie.

4.5.6.3 Impianto rilevazione incendi

L'impianto avrà la funzione di rilevare e segnalare un eventuale incendio nel minor tempo possibile e fornirà i presidi di primo intervento; sarà costituito da:



- Rivelatori puntiformi di fumo (rivelano l'incendio e trasmettono automaticamente l'allarme alla centrale di controllo e di segnalazione);
- Centrale di controllo e di segnalazione (consente di avere il controllo globale sul funzionamento dell'impianto, riceve il segnale di allarme ed aziona i segnalatori acustici di allarme);
- Segnalatori acustici-luminosi di allarme (diffondono sia acusticamente sia visivamente il segnale di allarme ricevuto dalla centrale di segnalazione);
- Estintori a CO₂ per il primo intervento.

Rivelatori

Si prevede di installare rivelatori di fumo termovelocimetrici, che intervengono quando il gradiente di temperatura, cui è sottoposto l'elemento sensibile, raggiunge il valore di taratura, in conseguenza di un incremento della temperatura ambiente. Il tempo d'intervento è funzione della variazione di temperatura ed è tanto più breve quanto più rapida è la sua variazione. I rivelatori termovelocimetrici risultano insensibili alle variazioni lente della temperatura ambiente per un effetto di compensazione tra l'elemento sensibile di misura in contatto con l'esterno e quello di riferimento, caratteristica necessaria dove la temperatura ambiente, in condizioni normali, varia lentamente entro i limiti molto estesi. Le caratteristiche tecniche dei rivelatori dovranno essere le seguenti:

- temperatura di esercizio: compresa tra -25 e +60 gradi °C;
- umidità: <=95% (relativa);
- grado di protezione: IP44;
- conformità alla norma EN 54-7;
- compatibilità elettromagnetica: 50 V/m (1 MHz - 1 GHz). Saranno installati:
- rivelatori antincendio nel locale BT, più 2 al di sotto del pavimento galleggiante
- rivelatori antincendio nel locale MT, più 2 nel cunicolo
- rivelatore antincendio nel locale SCADA, più 1 al di sotto del pavimento galleggiante.

Centrale di controllo e di segnalazione

- La centrale sarà ubicata all'interno dei locali tecnici.
- La centrale avrà le seguenti caratteristiche:
- capacità di gestione di almeno 3 zone;
- alimentatore, batteria tampone, carica batterie;
- segnalazione ottico-acustica escludibile;
- pulsante test impianto;
- uscite seriali;
- ripetitore telefonico di allarme.



Segnalatore di allarme

L'impianto sarà dotato di segnalatore acustico-luminoso di allarme posizionato a parete all'esterno dei locali.

Presidi di estinzione

I presidi di estinzione per il primo intervento antincendio saranno posizionati in tutti i locali. Si prevede di installare:

- estintori portatili nel locale MT (CO₂ da 5 kg, classe estinguente 113B);
- estintore portatile nel locale BT (CO₂ da 5 kg, classe estinguente 113B);
- estintore portatile nei container dell'impianto di accumulo elettrochimico (CO₂ da 5 kg, classe estinguente 113B);
- estintore portatile sotto la tettoia del GE (CO₂ da 5 kg, classe estinguente 113B);
- estintore portatile nel locale SCADA (CO₂ da 5 kg, classe estinguente 113B);
- estintore carrellato sul piazzale (CO₂ da 18 kg, classe estinguente B10-C);

Il personale tecnico autorizzato all'ingresso nella SSE sarà formato ed addestrato all'uso degli estintori.

4.5.6.4 Fibra ottica e impianto di telecontrollo

La stazione utente e l'impianto di accumulo elettrochimico può essere controllata da un sistema centralizzato di controllo in sala quadri e un sistema di telecontrollo da una o più postazioni remote. I sistemi di controllo (comando e segnalazione), protezione e misura dei singoli stalli sono collegati con cavi tradizionali multi filari alle apparecchiature di alta tensione dello stallo e con cavi a fibre ottiche alla sala quadri centralizzata. Essi hanno la funzione di provvedere al comando, al rilevamento segnali e misure e alla protezione dello stallo, agli interblocchi tra le apparecchiature di stallo e tra queste e apparecchiature di altri stalli, alla elaborazione dei comandi in arrivo dalla sala quadri e a quella dei segnali e misure da inoltrare alla stessa, alle previste funzioni di automazione dello stallo, all'oscilloperturbografia di stallo e all'acquisizione dei dati da inoltrare al registratore cronologico di eventi. I sistemi di controllo, di protezione e di misura centralizzati sono installati nell'edificio di stazione ed interconnessi tra loro e con le apparecchiature installate tramite cavi a fibre ottiche e hanno la funzione di connettere l'impianto con i sistemi remoti di telecontrollo, di provvedere al controllo e all'automazione a livello di impianto di tutta la stazione, alla restituzione dell'oscilloperturbografia e alla registrazione cronologica degli eventi. Dalla sala quadri centralizzata è possibile il controllo della stazione qualora venga a mancare il sistema di teletrasmissione o quando questo è messo fuori servizio per manutenzione. In sala quadri la situazione dell'impianto (posizione degli organi di manovra), le misure e le segnalazioni sono rese disponibili su un display video dal quale è possibile effettuare le manovre di esercizio.



4.5.7 L'impianto di accumulo elettrochimico

Di seguito si definiscono le caratteristiche tecniche del sistema di accumulo di energia a batterie (da qui in avanti indicato come BESS – Battery Energy Storage System) destinato ad essere installato nell'area dell'impianto di generazione.

Il trend di crescita degli ultimi anni del settore delle energie rinnovabili ha richiesto l'integrazione con sistemi di regolazione costituiti da sistemi di stoccaggio dell'energia, fra i quali i BESS.

L'integrazione dei sistemi di accumulo (BESS) con i grandi sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili, eolico e solare, permette di garantire un'elevata qualità dell'energia immessa in rete, evitando in primis la possibile naturale oscillazione di potenza, intrinseca dei tali sistemi.

Di conseguenza i sistemi BESS integrati con i sistemi di produzione energia solare ed eolica, contribuiscono quindi a sostanziale incremento nella diffusione degli impianti di produzione energia da fonti rinnovabili, migliorandone le performance tecniche ed economiche.

Il sistema di stoccaggio di energia che si intende installare (BESS) fornirà servizi di regolazione primaria di frequenza, servizi di regolazione secondaria e terziaria e riduzione degli sbilanciamenti.

Il sistema BESS verrà collegato in rete attraverso un collegamento in MT 30KV in parallelo con l'impianto di generazione.

Il sistema BESS avrà una **potenza di 10 MW e capacità 20 MWh** e sarà costituito da batterie del tipo a litio. La planimetria relativa allo storage, allegata al progetto, rappresenta la soluzione di ingombro con valori medi unitari di potenza e densità di capacità rappresentativi dei prodotti esistenti oggi sul mercato. L'area dell'impianto verrà condivisa con altro produttore che disporrà altri container;

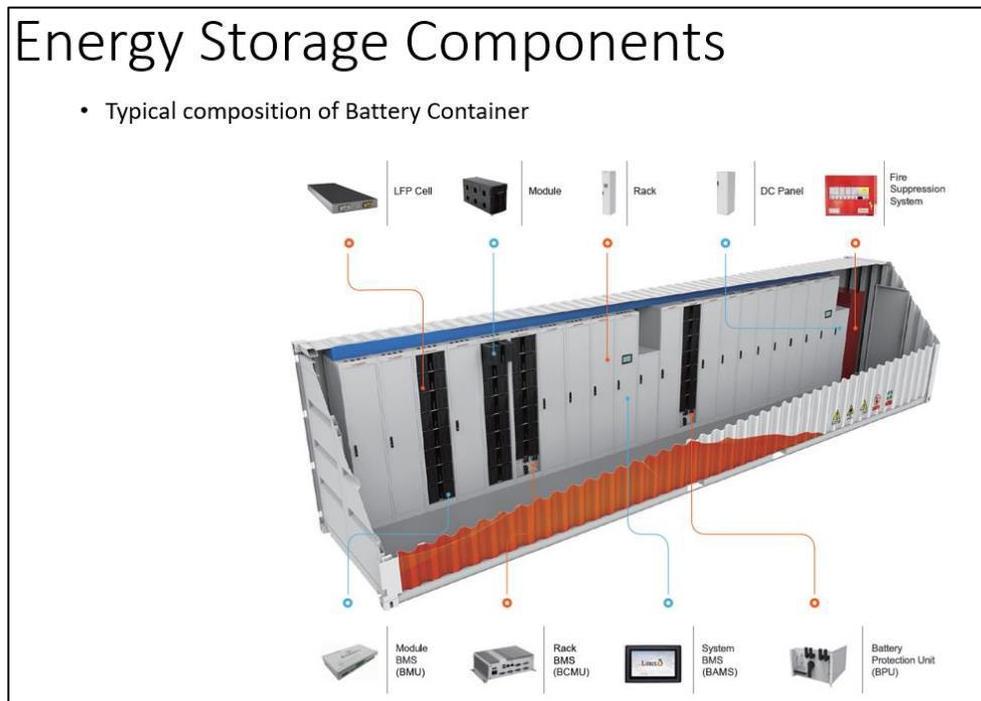


Figura 31 Componenti principali dell'impianto di accumulo (storage)



In particolare si disporranno inverter e trasformatori da 2500 KW di potenza. In fase di progettazione esecutiva si potranno adottare soluzioni tecniche diverse in ragione della disponibilità delle componenti sul mercato, fermo restando le dimensioni e gli ingombri indicati nella tavola di progetto.

4.5.7.1 Definizioni

- BESS: Battery Energy Storage System – Sistema di accumulo di energia a batterie
- MSDS: Material Safety Data Sheet – Scheda tecnica di sicurezza
- MSD: Mercato dei Servizi di Dispacciamento
- PCS: Power Conversion System – Sistema di conversione della corrente (AC-DC e viceversa)
- BMS: Battery Management System – Sistema di controllo batterie
- SCI: Sistema di Controllo Integrato
- Plant SCADA Sistema Centrale di Controllo Integrato
- ES: Capacità nominale del sistema BESS
- SOC: Stato di Carica – rappresenta il rapporto tra energia immagazzinata nel sistema e la rispettiva energia nominale.
- SOH: State of Health – rappresenta in % le condizioni di una batteria/cella comparate alle condizioni ideali
- DOD: Profondità di Scarica – rappresenta la variazione subita dal SOC 100% durante una fase di scarica
- ΔP_e : Variazione della potenza elettrica [MW]
- THD: Total Harmonic Distortion – distorsione armonica totale
- MT: Media tensione
- BT: Bassa tensione
- AC: Corrente alternata
- DC: Corrente continua
- TSO: Transmission System Operator (TERNA)
- LPS: Lightning Protection System (sistemi protezione da scariche atmosferiche)
- RUP: Registro Unità Produttive
- SLMM: Sul Livello Medio Marino

4.5.7.2 Descrizione dei componenti del BESS

Il sistema BESS è un impianto di accumulo elettrochimico di energia, ovvero un impianto costituito da sottosistemi, apparecchiature e dispositivi necessari all'immagazzinamento dell'energia ed alla conversione bidirezionale della stessa in energia elettrica in media tensione.

La tecnologia di accumulatori (batterie al litio) è composta da celle elettrochimiche. Le singole celle sono tra loro elettricamente collegate in serie ed in parallelo per formare moduli di batterie. I moduli, a loro volta, vengono elettricamente collegati in serie ed in parallelo tra loro ed assemblati in appositi armadi in modo tale da conseguire i valori richiesti di potenza, tensione e corrente.



Ogni “assemblato batterie” è gestito, controllato e monitorato, in termini di parametri elettrici e termici, dal proprio sistema BMS.

Di seguito è riportata la lista dei componenti principali del sistema BESS:

- Sistema di accumulo (BESS) composto da:
- Celle elettrochimiche assemblate in moduli e racks (Assemblato Batterie)
- Sistema bidirezionale di conversione dc/ac (PCS)
- Trasformatori di potenza MT/BT
- Quadri Elettrici di potenza MT
- Sistema di gestione e controllo locale di assemblato batterie (BMS)
- Sistema locale di gestione e controllo integrato di impianto (SCI) - assicura il corretto funzionamento di ogni assemblata batteria azionato da PCS anche chiamato EMS (Energy Management System)
- Sistema di Supervisione Plant SCADA integrazione con l'impianto
- Servizi Ausiliari
- Sistemi di protezione elettriche
- Cavi di potenza e di segnale
- Container o quadri ad uso esterno equipaggiati di sistema di condizionamento ambientale, sistema antincendio e rilevamento fumi.

La configurazione del sistema BESS, in termini di numero di PCS e di numero di moduli batteria, sarà effettuata in funzione delle scelte progettuali che verranno condivise con il fornitore del sistema, così come il numero di PCS che saranno connessi al quadro MT.

4.5.7.3 Caratteristiche dei containers

La struttura dei containers sarà del tipo autoportante metallica, per stazionamento all'aperto, costruita in profilati e pannelli coibentati.

La struttura consentirà il trasporto, nonché la posa in opera in un unico blocco sui supporti, con tutte le apparecchiature già installate a bordo e senza che sia necessario procedere allo smontaggio delle varie parti costituenti il singolo container. L'unica eccezione riguarderà i moduli batteria, che se necessario, saranno smontati e trasportati a parte.

Nei container sarà previsto dove necessario, un impianto di condizionamento e ventilazione, idoneo a mantenere le condizioni ambientali interne ottimali per il funzionamento dei vari apparati.

Il grado di protezione minimo dei container sarà di IP54.

La verniciatura esterna dovrà essere realizzata secondo particolari procedure e nel rispetto della classe di corrosività atmosferica relativa alle caratteristiche ambientali del sito di installazione.

Sarà previsto un sistema antieffrazione con le relative segnalazioni.

La struttura sarà antisismica, nel rispetto delle norme tecniche per le costruzioni NTC 2018.



Tutti i container batterie, convertitori, quadri elettrici saranno dotati di rivelatori incendi. I container batterie saranno inoltre equipaggiati con relativo sistema di estinzione automatico specifico per le apparecchiature contenute all'interno.

Estintori portatili e carrellati saranno, inoltre, posizionati in prossimità dei moduli batterie, dei convertitori di frequenza e dei quadri elettrici.

Le segnalazioni provenienti dal sistema antiincendio vengono inviati al sistema di controllo di impianto e alla sala controllo.

4.5.7.4 Caratteristiche delle batterie

Le batterie sono costituite da celle agli Ioni di Litio (Li-Ion) con chimica Litio Ferro Fosfato (LFP) o NMC assemblate in serie/parallelo in modo da formare i moduli. Più moduli in serie vanno infine a costituire il rack.

4.5.7.5 Collegamento sistema conversione in MT

In riferimento al paragrafo precedente relativo al sistema di conversione mediante valvole IGBT da corrente continua a corrente alternata in Bassa Tensione, si è menzionata la necessità di elevare, mediante trasformatori, la tensione in Media Tensione. Tali trasformatori saranno collegati tra di loro in configurazione entra esci e avranno il compito di distribuire la potenza erogata/assorbita dalle batterie verso i quadri di media tensione. Da un punto di vista funzionale i quadri avranno quindi il compito di:

- Dispacciare la totale potenza erogata/assorbita dal sistema di stoccaggio mediante un pannello dedicato che, in assetto classico, viene identificato come "montante di generazione".
- Alimentare i servizi ausiliari di tutti i container che alloggiano le batterie e i PCS mediante un pannello dedicato che, in assetto classico, viene identificato come "distributore".
- Garantire la funzione di misura e protezioni per il sistema BESS.

4.5.7.6 Funzionalità del sistema BESS

Il sistema BESS potrà fornire servizio per la regolazione primaria di frequenza, secondaria e terziaria di rete ed altri servizi ancillari di rete, oltre a coprire e ridurre gli sbilanciamenti dell'impianto di generazione.

Il PCS comprende l'insieme dei dispositivi e delle apparecchiature necessarie alla connessione delle batterie assemblate al punto di connessione AC, installati in apposito container.

Il sistema risulterà equipaggiato con i seguenti componenti principali:

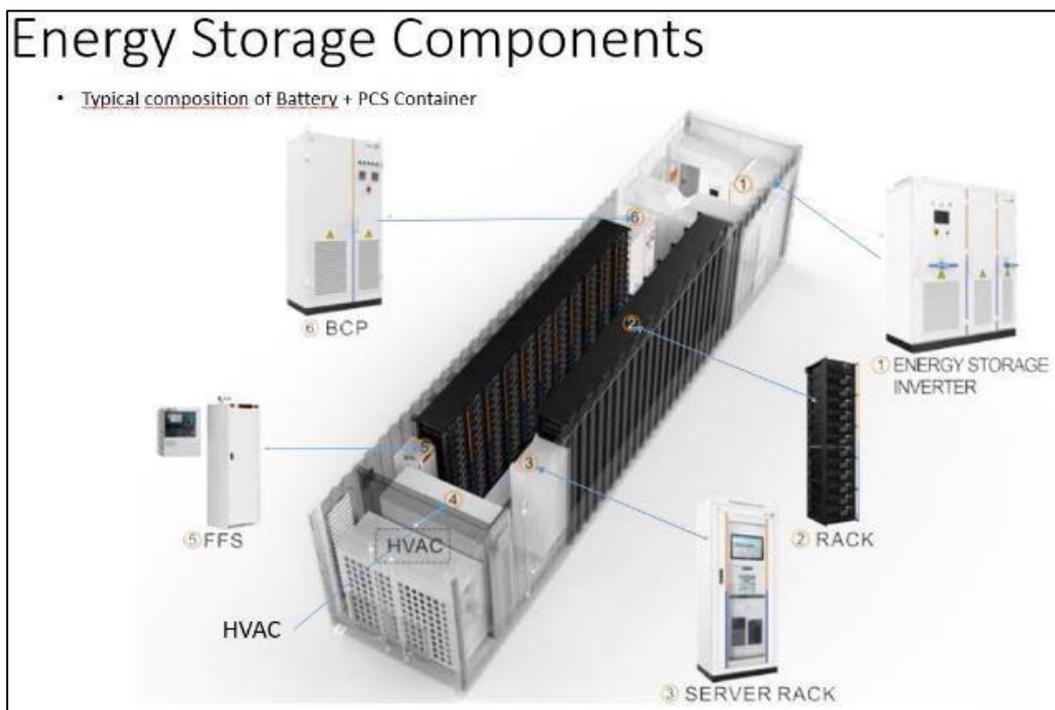


- Trasformatori MT/BT isolati
- Ponti bidirezionali di conversione statica dc/ac
- Filtri sinusoidali di rete
- Filtri RFI
- Sistemi di controllo, monitoraggio e diagnostica
- Sistemi di protezione e manovra
- Sistemi ausiliari (condizionamento, ventilazione, etc.)
- Sistemi di interfaccia assemblati batterie.

La tensione denominata “BT” sarà determinata in base alla proposta del fornitore del sistema BESS.

I convertitori statici dc/ac saranno di tipologia VSC (Self-Commutated Voltage source Converter) con controllo in corrente, di tipo commutato. Essi saranno composti da ponti trifase di conversione dc/ac bidirezionali reversibili realizzati mediante componenti total-controllati di tipo IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor).

Il PCS sarà dotato di un sistema di supervisione con funzioni di protezione, controllo e monitoraggio, dedicato alla gestione locale dello stesso e delle batterie assemblate da esso azionati.



Le principali funzioni del BMS (Battery Management System) saranno:



- Monitoraggio e gestione del SoC e del SoH;
- Monitoraggio e gestione del bilanciamento delle celle;
- Monitoraggio e diagnostica delle batterie assemblate;
- Gestione dei segnali di allarme/anomalia;
- Supervisione e controllo delle protezioni con eventuale azione di disconnessione/connesione delle batterie in caso di necessità;
- Gestione dei segnali di sicurezza delle batterie con il monitoraggio fino alle singole celle dei valori quali tensioni, temperature, correnti disperse;
- Invio segnali di soglia per la gestione delle fasi di carica e scarica;
- Elaborazione dei parametri per la gestione delle fasi di carica e di scarica;
- Elaborazione dei parametri necessari ad identificare la vita utile residua delle batterie;
- Elaborazione dei parametri necessari alla stima dello Stato di Carica delle batterie;

Le principali funzionalità del sistema di monitoraggio del BMS saranno:

- Calcolare ed inviare ai sistemi locali (SCI) lo stato di carica (SOC)
- Fornire ai sistemi locali (SCI) i parametri di valutazione dei programmi di produzione e erogazione ammissibili
- Fornire ai sistemi locali (SCI) i segnali di allarme/anomalia
- Confermare la fattibilità di una richiesta di potenza in assorbimento o in erogazione.

Le principali funzioni di competenza del sistema di controllo del PCS saranno:

- Gestione della carica/scarica delle assemblate batterie
- Gestione dei blocchi e interblocchi delle assemblate batterie
- Protezione delle assemblate batterie
- Protezione dei convertitori.

Le principali funzioni di competenza del sistema integrato SCI saranno:

- Consentire l'esercizio in locale dei singoli moduli batteria, mediante funzioni di protezione, comando e interblocco
- Operare l'esercizio remoto dell'impianto

Comunicazione con il Plant Scada che, che coordina le attività di gestione del BESS in interazione con le funzionalità e la produzione di energia dell'impianto di generazione.

4.5.7.7 Smaltimento a fine vita impianto

Il processo di decommissioning, riciclaggio e smaltimento dei materiali costituenti il sistema BESS verrà attuato in conformità alle leggi nazionali, europee ed internazionali vigenti (tra le quali European Directive on batteries and accumulators 2006/66/EC), assicurandone il rispetto anche nel caso di modifiche e/o integrazioni di quest'ultime dal momento in cui l'impianto verrà messo in esercizio.



Il fornitore del sistema BESS fornirà idonea documentazione nella quale verranno descritte le modalità gestionali e gli aspetti di sicurezza.

Dal 1° gennaio 2009, in virtù del D.Lgs. 188, datato 20 novembre 2008, è stato esteso in Italia l'obbligo di recupero alle pile e agli accumulatori non basati sull'uso di piombo bensì sull'impiego di altri metalli o composti. Tale decreto recepisce e rende effettiva la direttiva europea 2006/66/CE.

A fine vita il sistema di accumulo sarà disassemblato e, in conformità alle leggi vigenti, trasportato verso un centro autorizzato di raccolta e riciclaggio.

Si riporta di seguito uno stralcio della planimetria dell'impianto di accumulo.



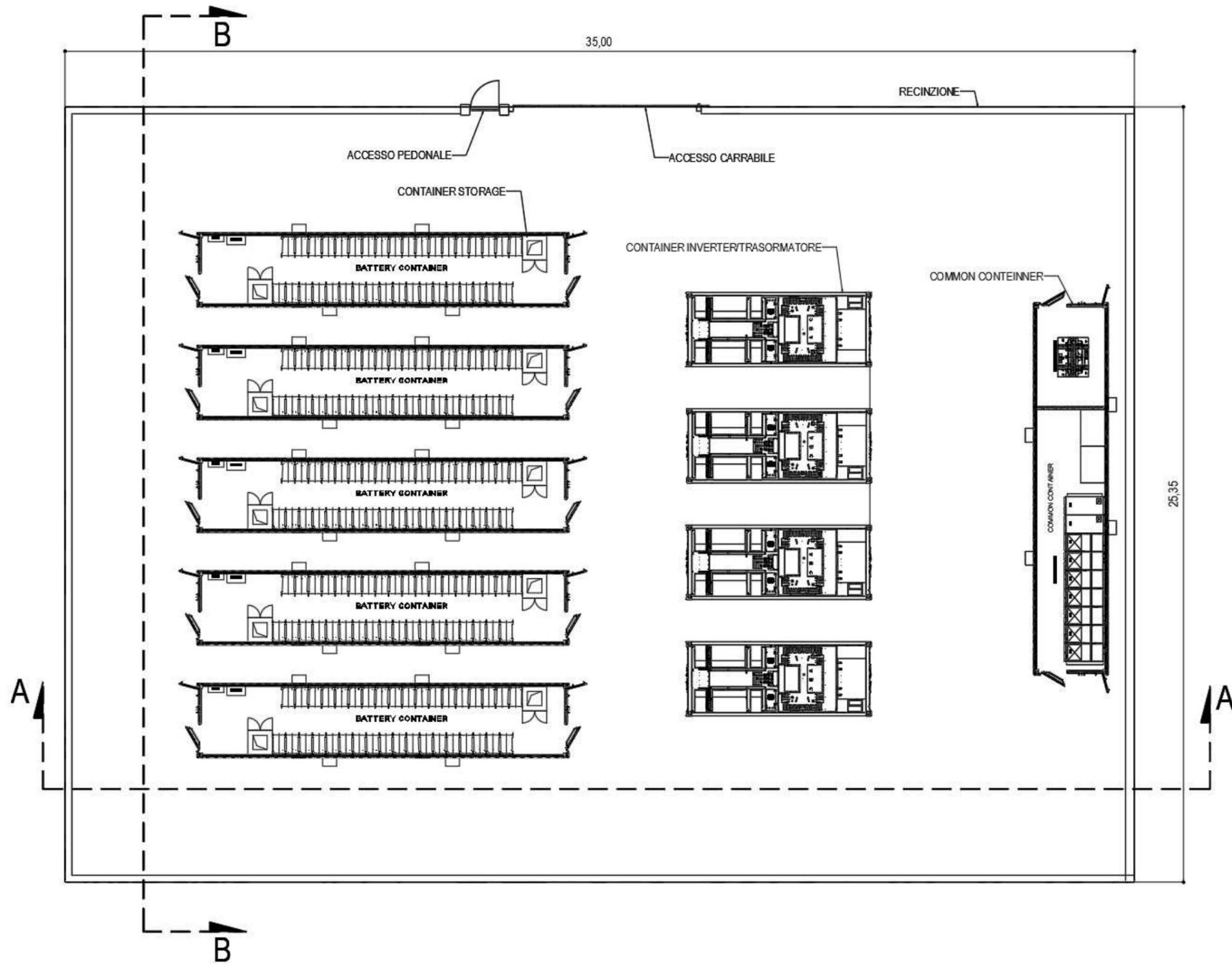


Figura 32 Planimetria impianto di accumulo elettrochimico

4.5.8 Impianto per la connessione

La soluzione minima indicata da Terna consta in una stazione elettrica 36/150kV della RTN da inserire in entra-esce sulla linea RTN 150 kV “Campobasso CP - Castelpagano” previa rimozione delle limitazioni della linea RTN 150 kV “Campobasso CP – Castelpagano” di cui al Piano di Sviluppo Terna.

Si procederà a fornire il piano tecnico delle opere di connessione all’ottenimento del benessere da parte di Terna.

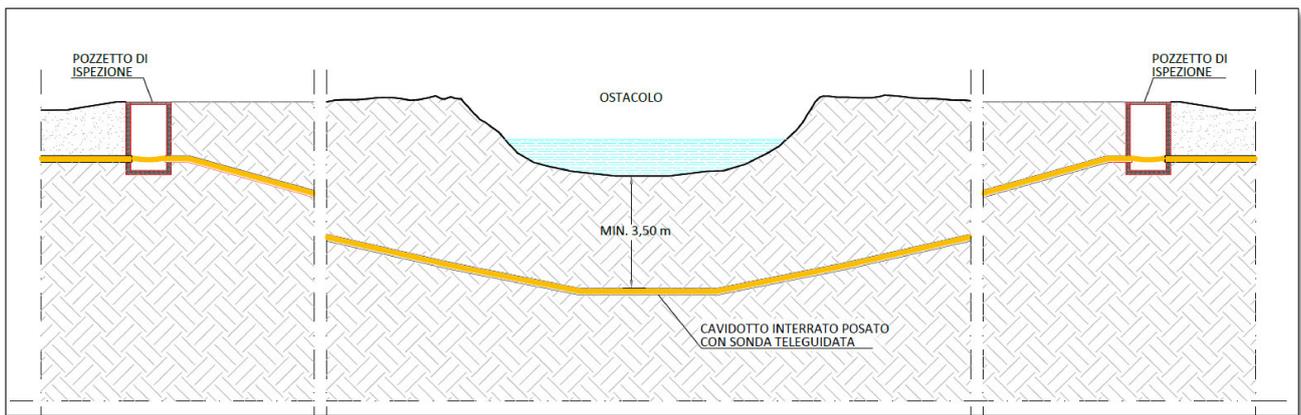


4.6 Interferenze

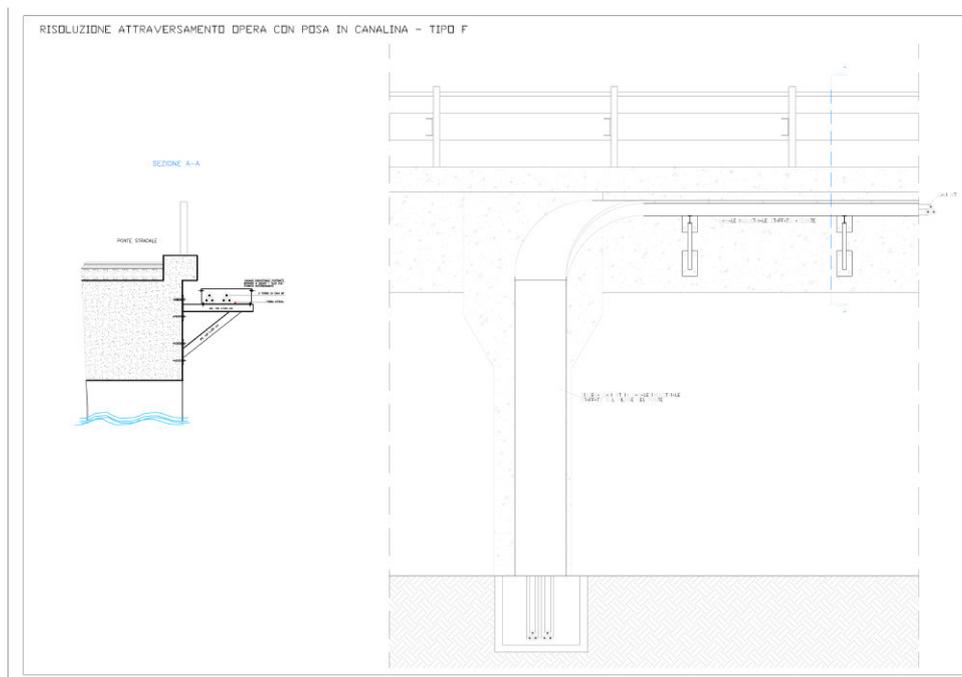
Le interferenze dell'impianto sono indicate nella tavola allegata al progetto. Per quanto riguarda eventuali interferenze con sottoservizi esistenti (altri cavidotti, reti idriche ecc) si rimanda al capitolo 4.5.5.4.2 dove sono indicate le modalità di risoluzione.

Le interferenze verranno risolte mediante trivellazione orizzontale controllata (T.O.C) oppure passaggio con canaletta su opere esistenti.

Tipologico T.O.C (Trivellazione orizzontale controllata)



Tipologico attraversamento bordo opera esistente



5 PIANO DI DISMISSIONE E DI RIPRISTINO DELLO STATO DEI LUOGHI

Le opere di progetto consistono nell'installazione di **6 aerogeneratori** ed esecuzione delle relative piazzole di montaggio, nella sistemazione delle strade esistenti per permettere il transito dei mezzi di trasporto dei componenti degli aerogeneratori, nella costruzione di una stazione di trasformazione e consegna e nell'esecuzione di un cavidotto di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione e consegna.

Le attività che si prevedono nella fase di dismissione sono state valutate in modo tale da non eliminare completamente tutti gli interventi eseguiti in fase di costruzione ed esercizio del parco.

Le opere progettate e successivamente realizzate in corso d'opera per il consolidamento geomorfologico e per il ripristino vegetazionale, per la sistemazione dei rilevati e degli scavi, ove occorre, saranno sottoposte ad attenta valutazione e, laddove si ravvisi la possibilità che possano svolgere azioni di salvaguardia da dissesti idrogeologici, non saranno rimosse.

La sistemazione delle strade potrà essere utilizzata da terzi per l'accesso ai siti, rendendo più agevole il transito nell'area.

Tutte le opere elettromeccaniche, gli aerogeneratori e la sottostazione, sicuramente verranno rimosse, ed una parte dei componenti, in particolare i materiali metallici, verranno recuperati ed il loro valore scontato dal costo di smantellamento.

Le opere programmate per lo smobilizzo del parco eolico sono individuabili come segue:

- **AREOGENERATORI**

La rimozione degli aerogeneratori sarà eseguita da ditte specializzate, con recupero dei materiali.

Le torri in acciaio, smontate e ridotte in pezzi facilmente trasportabili, saranno smaltite presso specifiche aziende di riciclaggio.

- **CAVIDOTTI**

La rimozione dei cavi sarà eseguita attraverso lo scavo a sezione ristretta e conseguente sfilaggio degli stessi.

Gli scavi saranno eseguiti ogni 50 metri e avranno le dimensioni di 2.00 m x 1.50 m con profondità di 1.50 m al fine di consentire la movimentazione in modo agevole e il conseguente sfilaggio dei cavi. Una volta sfilato il cavo, lo scavo deve essere richiuso e ripristinata la percorribilità in sicurezza.

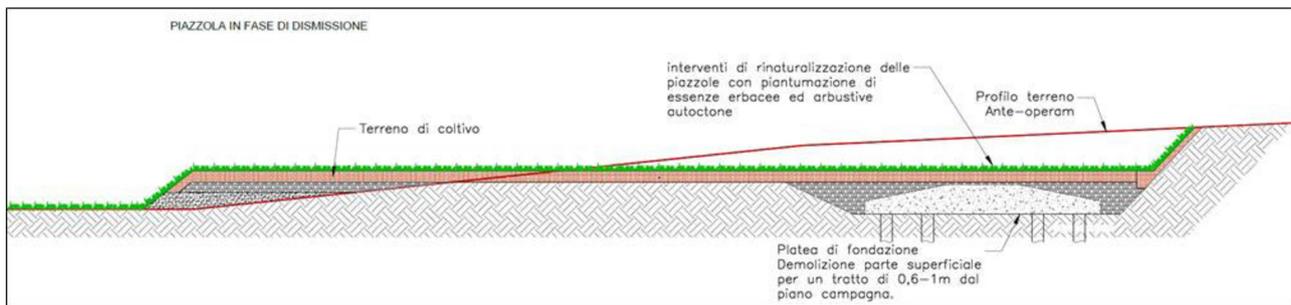
I cavi al loro interno contengono degli elementi in alluminio, rame e fibra ottica, pertanto questo materiale verrà opportunamente recuperato.

- **STRADE E PIAZZOLE**

Sistemazione delle aree interessate dagli interventi attraverso l'esecuzione di:



- Sistemazione del terreno superficiale nei punti in cui sono stati smobilizzati gli aerogeneratori (piazzole) secondo quanto indicato nella tavola di progetto (il pietrisco rimosso potrà essere riutilizzato o portato in un'area specifica adibita allo smaltimento); Si riporta di seguito uno stralcio del tipologico che riguarda la fase di dismissione dell'impianto;



- Rimozione del pietrisco sulle aree interessate dalla viabilità di accesso al parco; Livellamento del terreno in modo tale da riportarlo nelle condizioni ante-operam.
- Rinaturalizzazione attraverso semina delle aree su dette;

- **FONDAZIONE DEGLI AEROGENERATORI**

Per i plinti di fondazione, essi sono previsti completamente entroterra; si provvederà, tuttavia, con il loro ricoprimento con terreno vegetale, per un inserimento quanto più possibile armonioso nel contesto ambientale di riferimento. Solo nell'eventualità che esse possano affiorare, in maniera puntuale, da terreno, si provvederà alla demolizione della sola parte superficiale al di sotto del piano di campagna, con relativa sistemazione in piano della parte non soggetta ad intervento e conseguente rinterro con terreno vegetale.

Per quanto riguarda la restante parte del blocco di fondazione e della palificazione in cemento armato eseguiti per la posa in opera degli aerogeneratori, essi non verranno rimossi. A queste opere è demandata la funzione, non trascurabile, di consolidare geologicamente le aree interessate.

- **SMOBILIZZO STAZIONE DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO**

L'area interessata dal piazzale verrà ripristinata mediante asportazione di tutte le opere accessorie realizzate (pavimentazione, cavidotti, fabbricati impianti, recinzione, ecc);

Per i plinti di fondazione, essi sono previsti completamente entroterra; si provvederà, tuttavia, con il loro ricoprimento con terreno vegetale, per un inserimento quanto più possibile armonioso nel contesto ambientale di riferimento. Solo nell'eventualità che esse possano affiorare, in maniera puntuale, da terreno, si provvederà alla demolizione della sola parte superficiale al di sotto del piano di campagna, con relativa sistemazione in piano della parte non soggetta ad intervento e conseguente rinterro con terreno vegetale.

Si procederà successivamente alla rinaturalizzazione mediante inerbimento con semina;



5.1 Programma di ripristino ambientale

Al termine delle suddette fasi e dopo l'eliminazione dei manufatti dal cantiere si provvederà alla sistemazione finale dell'area, ove necessaria ed all'occorrenza, mediante il ripristino della vegetazione arborea ed arbustiva e relativo inerbimento da effettuare con idrosemina, utilizzando essenze autoctone allo scopo.

Gli obiettivi del programma di ripristino si possono concretizzare nei seguenti punti:

- Sistemare, con criteri naturalistici, i terreni e la zona dell'impianto del parco eolico.
- Proteggere le nuove superfici contro l'erosione e integrazione paesaggistica dei terreni interessati.
- Compensare la perdita di formazioni vegetali attraverso il ripristino dello status quo.

Per il raggiungimento degli obiettivi segnalati, il Programma contempla i seguenti punti:

- Necessaria diligenza per raccogliere e stendere la terra vegetale di risulta degli scavi delle opere, preparando il suolo a ricevere il manto vegetale autoctono.
- Selezione delle specie erbacee, arboree o arbustive e delle tecniche di semina e piantagione più adeguate alle condizioni strutturali ed ecologiche del terreno interessato, tenendo in conto la necessità di bassa manutenzione ed i fini assegnati alla vegetazione.
- Definizione dei materiali ed azioni di manutenzione necessari durante il periodo di garanzia dei lavori di ripristino.

In funzione delle influenze reali osservate durante il Programma di Vigilanza Ambientale, si procederà a definire il corrispondente Progetto di Ripristino Ambientale. In questo progetto si raggrupperanno con i dettagli necessari, le azioni proposte nella presente sezione.

5.2 Azioni proposte

Le azioni proposte per questo programma includono:

- **Trattamento dei suoli**

In funzione dei condizionamenti descritti, le soluzioni generali che si adotteranno durante l'esecuzione dell'opera e secondo quanto stipulato nel Programma di Vigilanza Ambientale per il trattamento dei suoli o terra vegetale, saranno:

- o Stesura di terra vegetale
- o Preparazione e compattazione del suolo, secondo tecniche classiche.

La terra vegetale si depositerà, separata adeguatamente e libera di pietre e resti vegetali grossolani, come pezzi di legno e rami, per la sua utilizzazione successiva nelle superfici da ripopolare.

Quando le condizioni del terreno lo permettano, si realizzerà un passaggio di rullo prima della semina. Questo è un altro lavoro che pretende, in questo caso, lo sminuzzamento dello strato superficiale (rottura delle zolle), il livellamento e la leggera compattazione del terreno.



Il rullaggio prima della semina è indispensabile per mettere la terra in contatto stretto con il seme e favorire il flusso di acqua intorno ad essa. In pratica, semina e rullaggio sono due lavori frequentemente alternati. Sarà importante realizzare queste due operazioni con criterio, ossia in funzione delle condizioni del suolo, delle coltivazioni e del clima, per aumentare le possibilità di accrescimento delle specie proposte.

I lavori di preparazione dei suoli sono inclusi in questo Programma affinché la Direzione dei Lavori possa autorizzare la loro esecuzione antecedentemente all'idrosemina.

- **Semina**

Una volta terminati i lavori di trattamento del suolo, la semina di specie erbacee con grande capacità di attecchimento per i pendii e zone scoscese si realizzerà mediante la tecnica di idrosemina senza pressione.

La giustificazione specifica delle semine risiede nel continuare il manto erbaceo delle zone circostanti e per svolgere la funzione di:

- Stabilizzatrice della superficie dei pendii nei confronti dell'erosione;
- Rigeneratrice del suolo, costituendo un substrato umido che possa permettere la successiva colonizzazione naturale senza manutenzione;

L'obiettivo ottimale è quello di ottenere una copertura erbacea del 50-60%; inoltre, la zona interessata andrà ad essere arricchita con rapidità di semi delle zone limitrofe e l'evoluzione naturale farà scomparire più o meno rapidamente alcune specie della miscela seminata a vantaggio della flora autoctona.

Le specie erbacee selezionate dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- Attecchimento rapido, poiché, non essendo interrate, potrebbero essere dilavate;
- poliannuali, per dare il tempo di entrata a quelle spontanee;
- Rusticità elevata ed adattabilità in suoli accidentati e compatti;
- Sistema radicale forte e profondo per l'attecchimento e la resistenza alla siccità;

Per favorire il loro attecchimento si stabiliranno delle regole sullo stato finale della superficie, per quanto riguarda il livellamento, la mancanza di compattezza etc. Allo stesso modo si è scelta una miscela concimata legante o stabilizzatrice e concimazioni più o meno standard, di provata efficacia, che favoriscano l'attecchimento su tutti questi siti difficili.

Si sono selezionate in primo luogo specie presenti naturalmente nella zona di studio. La miscela per seminare o idroseminare superfici sulle quali è prevista la stesura della terra per evitare il maggior numero possibile di tagli ed altre operazioni di manutenzione, oltre a introdurre specie adeguate allo strato di terreno superficiale.

- Piantazione di arbusti

Lo scopo delle piantagioni è quello di riprodurre, sulle nuove superfici, le caratteristiche visive del terreno circostante, lasciando inalterata la sua funzionalità ecologica e di protezione idrogeologica.



Come si è già commentato, per la scelta delle specie si sono utilizzati i criteri che di seguito si riassumono:

- Carattere autoctono;
- Rusticità o basse richieste in quanto a suolo, acqua e semina;
- Presenza nei vivai;
- Le specie selezionate non abbiano esigenze particolari di manutenzione;
- Rispetto alla superficie occupata dalle diverse specie, si considera che 1 unità di arbusto occupa da 0,3 a 0,9 m²;
- In tutte le piantagioni si eviterà l'allineamento di piante, ossia verranno distribuite non ordinatamente, pur mantenendo la stessa densità.

5.3 QUANTIFICAZIONE DELLE OPERAZIONI DI DISMISSIONE DETTAGLI RIGUARDANTI LO SMALTIMENTO DEI COMPONENTI

Tutte le attività programmate per il ripristino delle aree hanno un'incidenza economica pertanto vanno fatte delle opportune valutazioni al fine di individuare i costi ed i benefici di tutti gli interventi.

Le aree, oggetto di realizzazione del parco eolico, sono attualmente destinate ad attività di tipo agricolo e pastorale.

Durante il funzionamento dell'impianto queste attività verranno regolarmente svolte e le aree non subiranno variazioni di destinazione d'uso.

A fine gestione dell'impianto, pertanto, e conseguentemente alla dismissione degli aerogeneratori e delle opere accessorie, i luoghi saranno ripristinati e continueranno a svolgersi le normali attività agricole e pastorali.

Tuttavia, per le ragioni addotte nel precedente paragrafo, alcune opere realizzate non verranno rimosse.

5.3.1 Aerogeneratore in tutte le sue componenti

Si riporta di seguito la procedura per lo smontaggio dell'aerogeneratore:



- Ripristino area di smontaggio (piazzola) per posizionamento gru;
- Posizionamento gru da 500 t;
- Scollegamenti cablaggi elettrici;
- Smontaggio e posizionamento a terra rotore, separazione a terra mozzo, cuscinetti pale e parti ferrose;
- Taglio pale a dimensioni trasportabili con mezzi ordinari: le pale in materiale plastico rinforzato con fibre di vetro (GFK) vengono triturate e, per quanto possibile, addotte al riciclaggio. La quantità di materiale triturato (GFK) si stima essere pari a circa 18 t, mentre i cuscinetti del rotore e i meccanismi per lo spostamento delle pale compartano circa 4 t di rottami di acciaio.
- Smontaggio e posizionamento a terra della navicella (gondola e mozzo): lo smantellamento e lo smontaggio della navicella comportano ca 52 t di rottami di alluminio e ca. 2,8 t di rottami di rame e ca. 3,5 t di GFK.
- Smontaggio e posizionamento a terra sezioni di torre, taglio a dimensioni trasportabili con mezzi ordinari: dalle lamiere e dalle flange della torre si ricavano ca. 150 t di rottami di acciaio, dalla piattaforma e dal dispositivo di salita si ricavano ca. 3,0 t di rottami di alluminio e ca. 2,8 t di rottame di rame dei condotti sbarre.
- Recupero e smaltimento apparati elettrici: la massa degli impianti di distribuzione da smaltire è pari a ca. 3,2 t. dovranno essere smaltiti o riciclati in conformità a quanto previsto dalla direttiva sui rottami elettronici.
- Fondazioni: le fondazioni, qualora affioranti, devono essere smantellate fino a circa 1,00 m sotto la superficie del piano di campagna. Il cemento rimosso viene spezzato per essere poi utilizzato come pietrisco riciclabile. L'armatura sarà impiegata come rottame di acciaio.

Si sottolinea che molti componenti degli aerogeneratori saranno destinati al recupero/riciclaggio. Si riporta in tabella le percentuali di recupero delle singole componenti degli aerogeneratori e le possibili destinazioni:

Tabella: Percentuale di recupero materiali a seguito dismissione aerogeneratore

Componente	Percentuale di recupero	Destinazione
Legno, carta, plastica	80%	Imballaggi
Rivestimento navicella (Cover), pale	90%	Manufatti arredo urbano, parchi giochi



Torre	95%	Fusione acciaio
Fondazioni	90%	Fusione metallo, smaltimento inerti
Oli, grassi, basi lubrificanti	80%	Rigenerazione, Combustione controllata
Cavidotti	80%	Riciclo plastica, smaltimento inerti

5.3.2 Linee elettriche ed apparati elettrici e meccanici

Come specificato al precedente paragrafo, la rimozione dei cavi sarà eseguita attraverso lo scavo a sezione ristretta e conseguente sfilaggio degli stessi.

Gli scavi saranno eseguiti ogni 50 metri e avranno le dimensioni di 2.00 m x 1.50 m con profondità di 1.50 m al fine di consentire la movimentazione in modo agevole e il conseguente sfilaggio dei cavi, una volta sfilato il cavo, lo scavo deve essere richiuso e ripristinata la percorribilità in sicurezza.

I cavi al loro interno contengono degli elementi in alluminio, rame e fibra ottica, pertanto, questo materiale verrà opportunamente recuperato e smaltito presso aziende di riciclaggio.

Per quanto attiene lo smobilizzo della stazione di accumulo elettrochimica, l'area occupata dalla stessa sarà ripristinata attraverso la sistemazione di terreno vegetale e successivo inerbimento.

5.4 DETTAGLI RIGUARDANTI IL RIPRISTINO DELLO STATO DEI LUOGHI E I RELATIVI COSTI

5.4.1 Descrizione del ripristino dello stato preesistente dei luoghi

L'azione di ripristino parte dal concetto di:

- Evitare il completo smantellamento di tutti gli interventi realizzati precedentemente, in particolare le opere che sono state progettate, eseguite ed afferenti al consolidamento geomorfologico, valutate come opere di salvaguardia del dissesto idrogeologico;
- Ripristinare l'assetto paesaggistico antecedente eliminando ogni opera visibile;
- Ripristinare lo stato dei luoghi con riferimento alla eliminazione di piazzole e piste che dovranno essere riportate all'assetto vegetazionale ed all'uso dei suoli a cui erano destinate prima della realizzazione dell'impianto eolico.



Si precisa che talune opere di viabilità interna potrebbero risultare funzionali alla esecuzione di attività (per esempio agricole) estranee alla produzione eolica. Tali opere, su richiesta dei fruitori e previa autorizzazione, potrebbero essere mantenute.

Per il riconoscimento dello stato dei suoli saranno prodotti, prima della realizzazione dell’impianto eolico, filmati e fotografie che saranno archiviate in supporto informatico e necessarie per riconoscere lo stato originario dei luoghi a cui dovranno essere riportate le piazzole e la viabilità di nuova realizzazione.

Nel paragrafo 2 sono state esaustivamente esplicitate le opere programmate per il ripristino dello stato preesistente dei luoghi, dalla rimozione degli aerogeneratori e relative fondazioni, alla rimozione delle opere interrate attinenti i cavidotti, allo smobilizzo punto di consegna, strade e piazzole sino al ripristino della vegetazione arborea ed arbustiva e relativo inerbimento.

5.4.2 Computo metrico delle operazioni di dismissione

Il valore delle opere di dismissione ammonta ad **€ 684.738,68**.

Per maggiori dettagli si rimanda al piano di dismissione con la stima dei costi.

5.4.3 CRONOPROGRAMMA DELLE OPERAZIONI DI DISMISSIONE

ATTIVITA'	DURATA DEI LAVORI							
	1° mese	2° mese	3° mese	4° mese	5° mese	6° mese	7° mese	8° mese
Smontaggio e trasporto aerogeneratori								
Eliminazione piazzole e ripristino morfologico								
Eliminazione viabilità								
Smantellamento elettrodotto interno								
Demolizione/opere di mitigazione plinti di fondazione								
Smantellamento stazione elettrica utente ed impianto di accumulo elettrochimico e ripristino delle aree								

Tabella 7 - Cronoprogramma dismissione



6 VALORE COMPLESSIVO DELLE OPERE DA REALIZZARE

Al fine di valutare il costo di realizzazione delle opere di progetto, è stato redatto computo metrico estimativo delle opere da realizzare, corredato da quadro economico che, a sua volta include, tutti i costi associati all'iniziativa proposta, e che comprende, quindi, sia i costi di dismissione e ripristino dello stato dei luoghi che i costi relativi alla connessione alla rete, alla progettazione, ecc., in modo da risalire al "Valore complessivo dell'opera".

Dal Computo metrico estimativo delle opere allegato al progetto, si evince che il costo degli interventi previsti per la realizzazione dell'impianto ammonta ad **€ 37.089.914,10**.

Si riporta di seguito lo stralcio del quadro economico redatto ed allegato al progetto, da cui si evince che il "Valore complessivo dell'opera", comprensivo di tutte le voci interessate alla realizzazione del progetto, ammonta ad **€ 38.010.814,10 (IVA esclusa)**.



QUADRO ECONOMICO GENERALE			
Valore complessivo dell'opera privata			
DESCRIZIONE	IMPORTI IN €	IVA %	TOTALE € (IVA compresa)
A) COSTO DEI LAVORI			
A.1) Interventi previsti	37.089.914,10	22,00	45.249.695,20
A.2) Oneri di sicurezza	250.000,00	22,00	305.000,00
A.3) Opere di mitigazione	50.000,00	22,00	61.000,00
A.4) Spese previste da Studio di Impatto Ambientale, Studio Preliminare Ambientale e Progetto di Monitoraggio Ambientale	100.000,00	22,00	122.000,00
A.5) Opere connesse	45.900,00	22,00	55.998,00
TOTALE A	37.535.814,10		45.793.693,20
B) SPESE GENERALI			
B.1) Spese tecniche relative alla progettazione, ivi inclusa la redazione dello studio di impatto ambientale o dello studio preliminare ambientale e del progetto di monitoraggio ambientale, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità,	215.000,00	22,00	262.300,00
B.2) Spese consulenza e supporto tecnico	50.000,00	22,00	61.000,00
B.3) Collaudo tecnico e amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici	10.000,00	22,00	12.200,00
B.4) Spese per Rilievi, accertamenti, prove di laboratorio, indagini <i>(incluse le spese per le attività di monitoraggio ambientale)</i>	50.000,00	22,00	61.000,00
B.5) Oneri di legge su spese tecniche B.1), B.2), B.4) e collaudi B.3)	0,00	22,00	0,00
B.6) Imprevisti	100.000,00	22,00	122.000,00
B.7) Spese varie	50.000,00	22,00	61.000,00
TOTALE B	475.000,00		579.500,00
C) eventuali altre imposte e contributi dovuti per legge (...specificare) oppure indicazione della disposizione relativa l'eventuale esonero.	0,00		
"Valore complessivo dell'opera"	38.010.814,10		46.373.193,20
TOTALE (A + B + C)			



7 ANALISI COSTI/BENEFICI E RICADUTE ECONOMICHE E SOCIALI

Nel campo delle energie rinnovabili, la trasformazione dell'energia solare in elettricità costituisce uno dei settori più promettenti a livello globale, interessato in questi ultimi anni da un boom senza precedenti e che appare ben lontano dallo stabilizzarsi.

Verrà effettuata, di seguito, un'analisi dei costi di realizzazione del progetto rapportata all'analisi dei benefici derivanti dalla realizzazione dell'iniziativa proposta, sia a livello globale (considerando i flussi di benefici e costi che si verificano a livello globale) che a livello locale (considerando solo i flussi di benefici e costi esterni che si verificano localmente).

7.1 Costo di produzione dell'Energia da Fonte Rinnovabile

L'effettivo costo dell'energia prodotta con una determinata tecnologia è dato dalla somma dei *costi industriali e finanziari* sostenuti per la generazione elettrica lungo l'intero arco di vita degli impianti (*LCOE - Levelized COst of Electricity*) e dei *Costi Esterni* al perimetro dell'impresa sull'ambiente e sulla salute.

Il valore di LCOE sarà paragonato al prezzo di vendita dell'energia in Italia, per verificare il discostamento esistente fra il prezzo di vendita dell'energia ed il costo di produzione.

Il valore medio europeo del LCOE dell'eolico onshore nel 2020 è stimato in 41,3 €/MWh (Fonte: Irex Report di Althesys, 2021).

Per il calcolo del LCOE si tengono in conto i costi industriali di realizzazione dell'impianto, i costi finanziari, i costi operativi e i costi di manutenzione dell'impianto che si ripetono annualmente.

Inoltre, tale valore tiene in conto anche il tasso di rendimento netto (depurato dall'inflazione), che remunera il capitale dell'investimento iniziale. In definitiva il valore del LCOE tiene in conto anche la remunerazione della società che detiene l'impianto.

7.1.1 Prezzo Di Vendita dell'Energia in Italia

Dall'analisi dell'andamento del prezzo di vendita dell'energia, si evince che **la produzione di energia da fonte eolica è remunerata dal prezzo di vendita sul mercato dell'energia**: il prezzo medio di vendita dell'energia per il 2020 si attesta in 40 €/MWh, a fronte di un LCOE medio per l'eolico che è inferiore a 42 €/MWh.

Si dice che è stata ormai raggiunta la cosiddetta "Grid Parity".

Nel campo delle energie rinnovabili, la trasformazione dell'energia solare in elettricità costituisce uno dei settori più promettenti a livello globale, interessato in questi ultimi anni da un boom senza precedenti e che appare ben lontano dallo stabilizzarsi.



La realizzazione dell'Impianto proposto apporterà vantaggi sia a livello globale che a livello locale, contribuendo, a livello globale, al raggiungimento degli obiettivi mondiali, europei e nazionali di "risparmio" di emissioni nocive nell'atmosfera e di decarbonizzazione, e contribuendo, a livello locale, con opportunità occupazionali e di introiti per l'Amministrazione Comunale (in termini di IMU, ad esempio).

In una visione globale del comparto, l'associazione Elettricità Futura stima un aumento di occupati nel settore delle fonti rinnovabili dal 2019 al 2030 di 37.000 unità. Ci si aspetta un'ulteriore crescita del settore in seguito alla discesa del costo degli impianti e quindi della realizzazione dei primi impianti in "grid parity", quindi anche senza la presenza di incentivi pubblici.

Le figure professionali più richieste appartengono a tre tipologie:

- tecnici dotati di forte professionalità, per le attività di progettazione e sviluppo delle iniziative;
- impiegati commerciali, per la vendita sul mercato retail di impianti per l'autoconsumo;
- operai per la manutenzione e gestione degli impianti.

Secondo un'analisi del Worldwatch Institute, l'occupazione diretta creata per ogni miliardo di kWh prodotto da fonte rinnovabile è di 542 addetti, mentre quella creata, per la stessa produzione di elettricità, dal nucleare e dall'utilizzo del carbone (compresa l'estrazione del minerale) è, rispettivamente, di 100 e 116 addetti.

La ricaduta positiva non si limita alla sola occupazione, dovendo considerare anche i proventi per i proprietari terrieri dall'utilizzo delle aree, i benefici per gli utenti dovuti ai miglioramenti infrastrutturali connessi all'iniziativa (strade, reti elettriche) e le imposte che l'attività genererà per l'erario.

Il rapporto benefici/costi ambientali è perciò nettamente positivo dato che il rispetto della natura e l'assenza totale di scorie o emissioni fanno dell'energia solare la massima risposta al problema energetico in termini di tutela ambientale.

Nel progetto in questione, per la fase di cantiere si stima di utilizzare, compatibilmente con il quadro economico di progetto e per le varie lavorazioni, le seguenti categorie professionali:

- lavori di preparazione del terreno e movimento terra: ruspisti, camionisti, gruisti, topografi, ingegneri/architetti/geometri;
- lavori civili (strade, recinzione, cabine): operai generici, operai specializzati, camionisti, carpentieri, saldatori;
- lavori elettrici (cavidotti, quadri, cablaggi, rete di terra, cabine): elettricisti, operai specializzati, camionisti, ingegneri;
- montaggio aerogeneratori: topografi, ingegneri, operai specializzati, saldatori;
- opere a verde: vivaisti, agronomi, operai generici.

Anche l'approvvigionamento dei materiali ad esclusione delle apparecchiature complesse, quali pannelli, Inverter e trasformatori, verrà effettuato per quanto possibile nel bacino commerciale locale dell'area di progetto.

Successivamente, durante il periodo di normale esercizio dell'impianto, verranno utilizzate maestranze per la manutenzione, la gestione/supervisione dell'impianto, nonché ovviamente per la sorveglianza dello stesso.



Alcune di queste figure professionali saranno impiegate in modo continuativo, come ad esempio il personale di gestione/supervisione tecnica e di sorveglianza. Altre figure verranno impiegate occasionalmente a chiamata al momento del bisogno, ovvero quando si presenta la necessità di manutenzioni ordinarie o straordinarie dell'impianto. La tipologia di figure professionali richieste in questa fase sono, oltre ai tecnici della supervisione dell'impianto e al personale di sorveglianza, elettricisti, operai edili, artigiani e operai agricoli/giardinieri per la manutenzione del terreno di pertinenza dell'impianto (taglio dell'erba, sistemazione delle aree a verde ecc.).

Di seguito una analisi più dettagliata del rapporto costi/benefici.

7.2 Costi Esterni

In economia, un "costo esterno", chiamato anche "esternalità", si manifesta quando l'attività di produzione (o di consumo) di un soggetto influenza, negativamente o positivamente, il benessere di un altro soggetto, senza che chi ha subito tali conseguenze riceva una compensazione (nel caso di impatto negativo) o paghi un prezzo (nel caso di impatto positivo) pari al costo o al beneficio sopportato/ricevuto.

I "costi ambientali", che non rientrano nel prezzo di mercato e pertanto non ricadono sui produttori e sui consumatori, vengono globalmente imposti alla società, in quanto sono "esternalità negative" o "diseconomie", ed anche l'eolico, come tutte le energie rinnovabili, ha il suo "costo ambientale", che rappresenta perciò un "costo esterno" non considerato nel valore dell'LCOE di cui al paragrafo precedente, e che andremo a stimare.

Le esternalità rilevanti nel caso di impianti per la produzione di energia da fonte eolica sono dovute a:

- a) impatto visivo sulla componente paesaggistica;
- b) impatto acustico.

Altri costi esterni potrebbero essere ricondotti all'impatto su flora, fauna, avifauna ed in generale sull'ecosistema ma solo nel caso in cui le aree interessate siano di particolare valore naturalistico. Nel caso in esame l'impianto non ricade in un'area di particolare valore naturalistico, di conseguenza, questi costi esterni sono trascurabili.

Inoltre, nella quantificazione dei costi esterni si dà anche una quantificazione monetaria alle seguenti variabili:

- c) emissioni generate nella costruzione dei componenti di impianto;
- d) residui ed emissioni generate durante la costruzione dell'impianto (utilizzo di mezzi pesanti per la costruzione e per il trasporto dei componenti, che generano ovviamente emissioni inquinanti in atmosfera;
- e) ai residui ed emissioni nella fase di esercizio degli impianti (rumore, campi elettromagnetici, generazione di olii esausti);



- f) ad eventi accidentali quali incidenti durante l'esercizio dell'impianto e incidenti sul lavoro durante la costruzione.

Per la stima dei costi esterni associati alla produzione di energia da fonte eolica sono stati condotti diversi studi, di cui si riportano i dati nella seguente tabella:

Studi condotti	Costi esterni eolico (€/MWh)
RSE, 2014	trascurabili
Ecofys, 2014	4,20
REN 21, 2012	3,24
ExternE, 2005	1,28
MEDIA	2,9

Pertanto, assumeremo come “costo esterno” derivante dall'impianto eolico di progetto il valore di **2,9 € per MWh** prodotto, e considerando che il nostro impianto da **36,00 MW** ha un **valore di produzione annua stimata di 124.000 MWh/anno** di energia elettrica, si ha che i costi esterni imputabili all'impianto di progetto ammontano al seguente valore:

$$124.000.000 \text{ kWh} \times 0,0029 \text{ €/kWh} = \underline{\underline{359.600 \text{ €/anno}}} \quad \underline{\underline{\text{(COSTI ESTERNI)}}$$

7.3 Benefici Globali

I principali benefici derivanti dalla produzione di energia da fonti rinnovabili a livello globale consistono principalmente alla mancata emissione di CO₂ ed altri gas inquinanti che, emessi in atmosfera, sono nocivi per la salute umana, oltre a rappresentare una delle principali cause del cosiddetto cambiamento climatico.

Nei costi esterni evitati grazie alla mancata produzione di CO₂ si considerano le esternalità connesse ai seguenti fattori:

- cambiamenti climatici;
- crescita dei costi sanitari per i cittadini;
- minor produttività dei lavoratori;
- costi di riparazione dei danni ambientali generati da fenomeni meteo climatici estremi.

Per la valutazione dei benefici (globali) derivanti dalla mancata emissione di CO₂ per ogni kWh prodotto da fonte rinnovabile, prendiamo in considerazione:



- il costo utilizzato negli USA pari a **33 €/t di CO₂** emessa in atmosfera (come costo esterno);
- uno studio dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale) del 2015 che valuta che la sostituzione di un kWh prodotto da fonti fossili con uno prodotto da fonti rinnovabili consente di evitare l'emissione di **554,6g CO₂**. Tale valore tiene anche in conto il fatto che sebbene nella fase di esercizio le fonti rinnovabili non producano emissioni nocive, nella fase di costruzione dei componenti di impianto (p.e. moduli fotovoltaici), si genera una pur piccola quantità di emissioni di gas nocivi con effetto serra.

In riferimento alle considerazioni sopra riportate, possiamo considerare che per ogni kWh prodotto dall'impianto eolico di progetto si abbia una mancata emissione di CO₂ in atmosfera quantificabile, da un punto di vista monetario in:

$$0,033 \text{ €/kg} \times 0,5546 \text{ kg/kWh} = 0,018 \text{ €/kWh}$$

L'impianto proposto ha una potenza di **36,00 MWp** ed una produzione annua netta attesa di circa **124.000 MWh/anno**, ovvero in **124.000.000 kWh** all'anno, quantificato in un beneficio annuo per mancata emissione di CO₂ pari a:

$$124.000.000 \text{ kWh} \times 0,018 \text{ €/kWh} = \underline{2.232.000 \text{ €/anno}} \quad \text{(BENEFICI GLOBALI)}$$

Questo risultato va confrontato con il "**costo esterno**" generato dalla produzione di energia da fonte eolica precedentemente quantificato in **2,9 €/MWh (0,0029 €/kWh)**, e che aveva portato al seguente risultato:

$$124.000.000 \text{ kWh} \times 0,0029 \text{ €/kWh} = \underline{359.600 \text{ €/anno}} \quad \text{(COSTI ESTERNI)}$$

Con evidente bilancio positivo in termini di benefici globali.

Altri benefici globali difficilmente quantificabili in termini monetari se rapportati ad un singolo impianto, sono i seguenti:

- riduzione del prezzo dell'energia elettrica, che è andato via via diminuendo grazie alla crescita di impianti eolici e fotovoltaici che hanno contribuito a far abbassare i prezzi sul mercato dell'energia, portando a forti riduzioni del PUN (Prezzo Unico Nazionale);
- riduzione del "fuelrisk" e miglioramento del mix e della sicurezza nazionale nell'approvvigionamento energetico, dato che la crescente produzione da fonti rinnovabili comporta una minore necessità di importazione di combustibili fossili, riducendo la dipendenza energetica dall'estero;
- esternalità evitate: oltre alla evitata emissione di CO₂ viene evitata anche l'emissione di altri agenti inquinanti quali NH₃, NO_x, NMVOC, PM e SO₂, che generano aumento delle malattie, danni all'agricoltura, e danni agli edifici, e che generano ulteriori costi esterni, ovvero costi sociali;



- ricadute economiche dirette, derivanti dal fatto che la realizzazione di iniziative quali quello in progetto generano un valore aggiunto innescando tutta la filiera di finanziamento, progettazione, esecuzione e manutenzione dell'impianto;
- ricadute economiche indirette, quali l'aumento del PIL concretizzata con ricchezza pubblica e privata del Paese, con effetti positivi sui consumi, sulla creazione di nuove attività economiche e nei servizi;
- possibilità del conseguimento degli obiettivi imposti dalle normative comunitarie e nazionali, grazie alla decarbonizzazione, all'aumento di competitività e all'aumento della sicurezza nell'approvvigionamento e nella fornitura dell'energia.

Si può concludere, quindi, che la realizzazione dell'impianto eolico in progetto porterebbe benefici globali ben superiori al costo esterno generato dalla realizzazione dell'impianto stesso.

7.4 Benefici Economici - Locali

Gli introiti del Comune di **Riccia**, in quanto Amministrazione, sono riconducibili al *contributo IMU* derivante dalla realizzazione dell'impianto.

Facendo una stima di massima quantificata in un introito pari a € 130 per ogni mq di fondazione degli aerogeneratori:

$$2944 \text{ mq} \times 130,00 \text{ €/mq} = 382.720 \text{ €/anno} \quad \text{(INTROITO IMU)}$$

L'attività di *gestione e manutenzione dell'impianto* è stimata in 10.000 €/MWp ogni anno.

Assumendo, cautelativamente, che solo il 20% (2.000 €/MWp) sia appannaggio di imprese locali (sorveglianza, tagli del verde, piccole opere di manutenzione), si ha una stima di massima cautelativa di un ulteriore vantaggio economico per il territorio quantificato in:

$$36,00 \text{ MWp} \times 2.000 \text{ €/MWp} = 72.000 \text{ €/anno} \quad \text{(MANUTENZIONE IMPIANTO/anno)}$$

Per quanto concerne i lavori di costruzione dell'impianto e delle relative opere di connessione, si stima un costo pari a circa **1.055.900 €/MWp**.

Considerando, ancora in maniera cautelativa, che, di questi, il 15% (ovvero **158.385,00 €/MWp**) sia a guadagno di imprese locali, avremmo complessivamente un introito di:

$$36,00 \text{ MWp} \times 158.385,00 \text{ €/MWp} = 5.701.860,00 \text{ €}$$

Non considerando (in via cautelativa) alcun tasso di attualizzazione, e spalmando guadagni di realizzazione sopra calcolati sui 30 anni di esercizio dell'impianto ipotizzati, si ha che:



5.701.860,00 € / 30 anni = 190.062 €/anno (**LAVORI DI COSTRUZIONE/anno**)

Infine, se si ipotizza che per la gestione operativa di un impianto da **36,00 MWp**, necessita l'assunzione di almeno **6 operatori** che, con cadenza giornaliera, si rechino presso l'impianto, e che queste maestranze debbano essere necessariamente del posto, si ha una ricaduta economica sul territorio quantificabile in circa

100.000 €/anno (**ASSUNZIONI PER GESTIONE OPERATIVA IMPIANTO/anno**)

Infine, ci sono i benefici legati soprattutto alle attività di consulenza, quali servizi tecnici di ingegneria, servizi di consulenza fiscale, che tipicamente possono essere affidati a tecnici locali e non che non andiamo a quantificare.

In definitiva, abbiamo la seguente quantificazione dei benefici locali:

	BENEFICI LOCALI (€/anno)
IMU	382.720
Manutenzione impianto	72.000
Lavori di costruzione	190.062
Assunzioni per gestione operativa impianto	100.000
TOTALE €/ anno)	744.782

Nella tabella seguente è riportato il confronto tra la quantificazione dei costi esterni, dei benefici globali e dei benefici locali, ribadendo, peraltro, che i benefici globali e locali sono sicuramente sottostimati:

COSTI ESTERNI	BENEFICI GLOBALI	BENEFICI LOCALI
359.600 €/anno	2.232.000 €/anno	744.782 €/anno

Tabella 6-1 Analisi Costi/Benefici

Dalle stime effettuate sin ora espone, e dal confronto dei valori riportati in tabella, si può concludere che il bilancio costi – benefici, sia a livello globale che a livello locale, riferito all'impianto in progetto, è positivo.



7.5 RICADUTE ECONOMICHE E SOCIALI

Abbiamo sin ora visto che la realizzazione dell'Impianto proposto apporterà vantaggi sia a livello globale che a livello locale, contribuendo, a livello globale, al raggiungimento degli obiettivi mondiali, europei e nazionali di "risparmio" di emissioni nocive nell'atmosfera e di decarbonizzazione, e contribuendo, a livello locale, con opportunità occupazionali e di introiti per l'Amministrazione Comunale (in termini di IMU, ad esempio).

In una visione globale del comparto, l'associazione Elettricità Futura stima un aumento di occupati nel settore delle fonti rinnovabili dal 2019 al 2030 di 37.000 unità.

Al momento, la maggior parte degli addetti è impiegato nel settore della manutenzione del parco eolico esistente, ma ci si aspetta un'ulteriore crescita del settore in seguito alla discesa del costo degli impianti e quindi della realizzazione dei primi impianti in "grid parity", quindi anche senza la presenza di incentivi pubblici.

Le figure professionali più richieste appartengono a tre tipologie:

- tecnici dotati di forte professionalità, per le attività di progettazione e sviluppo delle iniziative;
- impiegati commerciali, per la vendita sul mercato retail di impianti per l'autoconsumo;
- operai per la manutenzione e gestione degli impianti.

Secondo un'analisi del Worldwatch Institute, l'occupazione diretta creata per ogni miliardo di kWh prodotto da fonte eolica è di 542 addetti, mentre quella creata, per la stessa produzione di elettricità, dal nucleare e dall'utilizzo del carbone (compresa l'estrazione del minerale) è, rispettivamente, di 100 e 116 addetti.

La ricaduta positiva non si limita alla sola occupazione, dovendo considerare anche i proventi per i proprietari terrieri dall'utilizzo delle aree, i benefici per gli utenti dovuti ai miglioramenti infrastrutturali connessi all'iniziativa (strade, reti elettriche) e le imposte che l'attività genererà per l'erario.

Il rapporto benefici/costi ambientali è nettamente positivo dato che il rispetto della natura e l'assenza totale di scorie o emissioni fanno dell'energia eolica la massima risposta al problema energetico in termini di tutela ambientale.

L'energia eolica è inoltre una risorsa importante per l'economia europea in quanto, oltre a contribuire alla "ripresa economica verde", crea vantaggi significativi in termini occupazionali e di sviluppo del territorio.

Secondo il rapporto EWEA (The European Wind energy Association) pubblicato il 9 ottobre 2020 l'energia eolica svolge un ruolo significativo nell'economia europea, ruolo che ha saputo mantenere anche durante la crisi del Covid-19. Esso inoltre dimostra come l'industria eolica europea sia competitiva a livello globale, ne descrive i possibili sviluppi futuri su tutto il territorio e soprattutto mostra come l'energia eolica possa coesistere con la protezione naturale locale, ovvero pesca, agricoltura e aviazione.

Dal rapporto pubblicato emergono i seguenti risultati:

- a. nel 2019 l'energia eolica ha rappresentato 300.000 posti di lavoro nell' UE. Il 75% di questi sono nell' eolico onshore e il 25% nell'eolico offshore;



- b. L'industria eolica europea ha un fatturato annuo di 60 miliardi di euro. Il 65% di questo aggiunge valore all'economia dell'UE;
- c. L'industria eolica oggi genera 2,5 miliardi di euro di valore aggiunto per l'economia dell'UE per ogni nuovo GW di vento onshore installato e 2,1 miliardi di euro per ogni nuovo GW di eolico offshore;
- d. L'industria dell'energia eolica paga 5 miliardi di euro in tasse all'economia dell'UE, incluso 1 miliardo di euro in tasse locali e altri pagamenti a beneficio delle comunità;
- e. I produttori europei di turbine eoliche detengono una quota del 42% del mercato globale delle turbine eoliche. Dei 10 maggiori produttori di turbine eoliche al mondo, 5 hanno sede nell'UE;
- f. Ci sono 248 siti di produzione di componenti per l'energia eolica in Europa, la maggior parte dei quali può aumentare la capacità;
- g. I parchi eolici pagano in media 2,3 €/MWh di tasse locali;
- h. I vantaggi creati dai parchi eolici sono fondamentali per molte comunità. I progetti eolici attivano l'economia locale, contribuiscono con pagamenti volontari a fondi di benefici comunitari, offrono benefici in natura e sostengono il ripristino ambientale;
- i. Investire nell'energia eolica sarà la chiave per una transizione giusta;
- j. L'industria eolica promuove una felice convivenza con altri interessi economici e sociali come l'agricoltura, la pesca, la protezione della biodiversità e l'aviazione militare e civile come condizione necessaria per l'espansione accelerata dell'energia eolica.

Nella fattispecie del progetto in questione, per la fase di cantiere si stima di utilizzare, compatibilmente con il quadro economico di progetto e per le varie lavorazioni, le seguenti categorie professionali:

- lavori di preparazione del terreno e movimento terra: ruspisti, camionisti, gruisti, topografi, ingegneri/architetti/geometri;
- lavori civili (strade, fondazioni, cabine): operai generici, operai specializzati, camionisti, carpentieri, saldatori;
- lavori elettrici (cavidotti, quadri, cablaggi, rete di terra, cabine): elettricisti, operai specializzati, camionisti, ingegneri;
- montaggio aerogeneratori: topografi, ingegneri, operai specializzati, saldatori;
- opere a verde: vivaisti, agronomi, operai generici.

Anche l'approvvigionamento dei materiali ad esclusione delle apparecchiature complesse, quali gli aerogeneratori, verrà effettuato per quanto possibile nel bacino commerciale locale dell'area di progetto.

Successivamente, durante il periodo di normale esercizio dell'impianto, verranno utilizzate maestranze per la manutenzione, la gestione/supervisione dell'impianto, nonché ovviamente per la sorveglianza dello stesso.



Alcune di queste figure professionali saranno impiegate in modo continuativo, come ad esempio il personale di gestione/supervisione tecnica e di sorveglianza. Altre figure verranno impiegate occasionalmente a chiamata al momento del bisogno, ovvero quando si presenta la necessità di manutenzioni ordinarie o straordinarie dell'impianto. La tipologia di figure professionali richieste in questa fase sono, oltre ai tecnici della supervisione dell'impianto e al personale di sorveglianza, elettricisti, operai edili, artigiani e operai agricoli/giardinieri per la manutenzione del terreno di pertinenza dell'impianto (taglio dell'erba, sistemazione delle aree a verde ecc.).

