

Regione Lazio



Comune di Valentano



Comune di Latera



Committente

POGGIO DEL MULINO S.R.L.

Piazza Europa, 14-87100-Cosenza (CS)

P.iva: 03876510789



Titolo del Progetto:

Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un parco eolico denominato "Poggio del Mulino"

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Tavola:
REL0002

Elaborato:

Relazione tecnica impianto eolico

SCALA:

-

FOGLIO:

1 di 1

FORMATO:

A4

folder: Relazioni progetto civile_Generali

Nome File: REL0002A0.pdf

Progettazione:



NEW DEVELOPMENTS srl
piazza Europa, 14 - 87100 Cosenza (CS)

Progettisti:



dott.ing. Giovanni Guzzo Foliaro



dott.ing. Amedeo Costabile



dott. Ing. Francesco Meringolo

Gruppo di lavoro:

dott.ing. Denise Di Cianni
dott.ing. Diego De Benedittis
dott.ing. Pasquale Simone Gatto
dott.geol. Martina Petracca
dott.ing. Irene Colosimo
dott.geol. Beniamino Morrone

Rev:	Data Revisione:	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	06/07/2023	PRIMA EMISSIONE	New. Dev.	P.D.M.	P.D.M.

INDICE DEI CONTENUTI

1. Descrizione tecnica generale.....	3
1.1 Aerogeneratori.....	3
1.2 Opere Elettriche	9
1.3 Opere Civili	12
1.4 Sistema di Accumulo (Energy Storage System, ESS)	13
1.4.1 Le Politiche Energetiche ed il Contesto Normativo.....	14
1.4.2 Il Ruolo dello Storage.....	17
1.4.3 Il Progetto Storage LAB	19
1.4.3.1 Sistemi di Accumulo a Batterie.....	20
1.4.3.2 Convertitore di potenza	24
1.4.3.3 Container	26
1.4.3.4 Collegamenti elettrici	27
1.4.3.5 Sistema Antincendio	28
1.4.3.6 Sistema BESS.....	28
1.4.3.7 Attività di Cantiere.....	32
3. Previsione della Produzione Energetica	33
4. Criteri di Scelta della Protezione Impiantistica contro i Fulmini	35

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 - Immagine rappresentativa dell'aerogeneratore SG170 da 6.6 MW.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 – Immagine della navicella della turbina SG170 da 6.6 MW (immagine superiore) e schema rappresentativo dei suoi componenti (immagine inferiore).....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3 - I diversi servizi erogabili dai sistemi Storage.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4 - Caratteristiche delle cinque principali tecnologie per i BESS a litio.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5 - Esempio cella batteria</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6 - Esempio modulo batteria</i>	<i>23</i>
<i>Figura 7 - Esempio rack per batterie</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8 - Esempio di Battery Protection Unit BPU</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9 - Schema semplificato di un convertitore monostadio</i>	<i>24</i>
<i>Figura 10 - Esempio di Convertitore di Potenza da interno</i>	<i>25</i>



<i>Figura 11 - Esempio di Convertitore di Potenza da esterno</i>	25
<i>Figura 12 - Esempio skid esterno per Convertitore di Potenza</i>	26
<i>Figura 13 – Planimetria dell’Area di Accumulo e della Stazione Elettrica</i>	29
<i>Figura 14 - Modalità di Funzionamento del Sistema di Accumulo di tipo A: Produzione da Fonte Eolica</i>	30
<i>Figura 15 - Modalità di Funzionamento del Sistema di Accumulo di tipo B: Accumulo da Fonte Eolica</i>	31
<i>Figura 16 - Modalità di Funzionamento del Sistema di Accumulo di tipo C: Rilascio Energia da Fonte Eolica Accumulata</i>	31
<i>Figura 17 - Modalità di Funzionamento del Sistema di Accumulo di tipo D: Ptrelievo Energia per Servizi di Rete</i>	32
<i>Figura 18 - Modalità di Funzionamento del Sistema di Accumulo di tipo E: Rilascio Energia per Servizi di Rete</i>	32
<i>Figura 19 - Rosa dei venti del sito di studio</i>	34
<i>Figura 20 - Rosa dell'energia dei venti del sito di studio</i>	34

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 – Caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettrica della turbina eolica SG170</i>	4
<i>Tabella 2 - Caratteristiche elettriche cavo AT</i>	10
<i>Tabella 3 Stima della Producibilità Energetica</i>	35

1. Descrizione tecnica generale

La società **Poggio del Mulino s.r.l.** propone, nel territorio dei comuni di **Valentano (VT)** e **Latera (VT)** la realizzazione e l'esercizio di un parco eolico denominato "**Poggio del Mulino**" della potenza nominale complessiva pari **46,2 MW**, costituito da **7 aerogeneratori** dalla potenza unitaria di **6,6 MW** integrato da un impianto di accumulo di **10 MW (40 MWh)**.

Nel comune di **Valentano (VT)** ricadono gli aerogeneratori, il sistema di accumulo e l'elettrodotto, che collegherà quest'ultimo alla stazione elettrica di TERNI per il collegamento alla RTN, mentre nel comune **di Latera (VT)** ricade solo parte dell'elettrodotto.

Oltre agli aerogeneratori ed alle opere strettamente necessarie, quali viabilità di accesso all'impianto e piazzole di montaggio/stoccaggio, il progetto prevede la realizzazione di:

- Elettrodotto interrato di Alta Tensione a 36 kV: sviluppo complessivo circa 16,535 km.
- Impianto di accumulo di capacità pari a 10 MW/40MWh;
- Opere di rete, come da Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) rilasciata dall'ente gestore TERNI S.p.a..

La Soluzione Tecnica Minima Generale elaborata da TERNI prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione a 150/36 kV della RTN da inserire in entra-esce all'elettrodotto a 150 kV "Latera – San Savino", previa realizzazione di:

- 🚧 una nuova (SE) di trasformazione a 380/150/132 kV della RTN da inserire in entra-esce all'elettrodotto RTN a 380 kV "Roma Nord - Pian della Speranza";
- 🚧 un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV tra la nuova SE della RTN a 150/36 kV e la nuova SE a 380/150/132 kV suddette.

1.1 Aerogeneratori

Gli aerogeneratori in progetto si compongono dei seguenti elementi:

- **Struttura di fondazione**
- **Torre**, composta a sua volta da:
 - trami in acciaio
 - mozzo

- tre lame
- rotore
- moltiplicatore di giri
- generatore
- sistemi di controllo ed orientamento
- navicella
- trasformatore
- componentistica elettrica
- impianto di messa a terra.

La **Torre di Sostegno** è del tipo tubolare a cinque trami con unioni bullonate, idoneamente ancorata alla struttura di fondazione. All'estremità superiore è collegata, tramite idonea bullonatura, la navicella contenete gli elementi tecnologici necessaria alla conversione dell'energia, il rotore (collegato all'albero di trasmissione) e le lame (o pale) per la captazione del vento.

Ogni aerogeneratore presenta i seguenti dati geometrici, meccanici ed elettrici:

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettrica della turbina eolica SG170

Modello tipo Siemens Gamesa 170	
Altezza mozzo dal piano campagna (Hub) [m]	115
Lunghezza lame [m]	85
Diametro del rotore [m]	170
Altezza complessiva dal piano campagna [m]	200
Velocità di cut-off [m/s]	25
Potenza nominale [MW]	6,6



Figura 1 - Immagine rappresentativa dell'aerogeneratore SG170 da 6.6 MW (<https://www.siemensgamesa.com/products-and-services/onshore/wind-turbine-sg-5-8-170>)



Item	Description	Item	Description
1	Canopy	8	Blade bearing
2	Generator	9	Converter
3	Blades	10	Cooling
4	Spinner/hub	11	Transformer
5	Gearbox	12	Stator cabinet.
6	Control panel	13	Front Control Cabinet
		14	Aviation structure

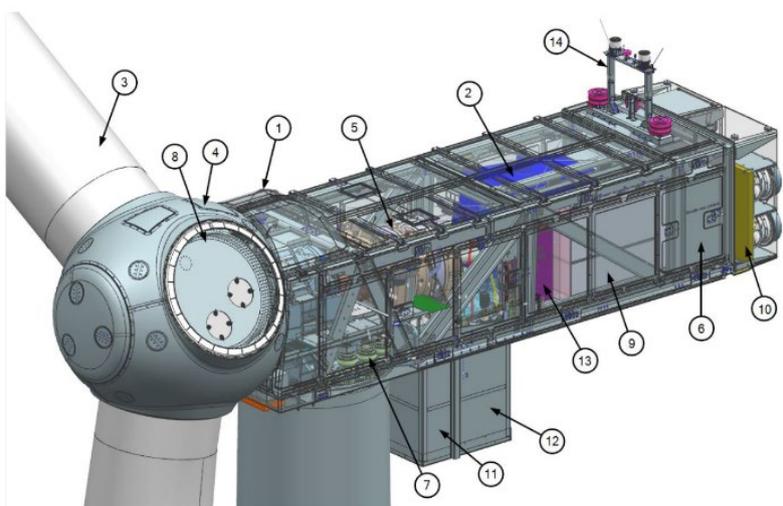


Figura 2 – Immagine della navicella della turbina SG170 da 6.6 MW (immagine superiore) e schema rappresentativo dei suoi componenti (immagine inferiore)

Rotore e navicella

Il **rotore** è una costruzione a tre lame installato su torre in acciaio tubolare. La potenza in uscita è controllata dalla regolazione della domanda di passo e coppia. La velocità del rotore è variabile ed è progettata per massimizzare la potenza erogata mantenendo carichi e rumorosità.

La **navicella** è stata progettata per un accesso sicuro a tutti i punti di servizio durante il servizio programmato. Inoltre, la navicella è stata progettata per la presenza sicura dei tecnici dell'assistenza nella navicella durante il servizio di prove con la turbina eolica in piena attività. Ciò consente un servizio di alta qualità della turbina eolica e fornisce condizioni ottimali per la risoluzione dei problemi.

Lame

Le **lame Siemens Gamesa 5.X** sono costituite da infusione di fibra di vetro e stampaggio di componenti in pultruso di carbonio. La struttura della pala utilizza gusci aerodinamici contenenti copri-longheroni incorporati, incollati a due principali nastri di taglio epossidico-fibra di vetro-balsa/schiuma. Le lame Siemens Gamesa 5.X utilizzano una lama con design basato su profili alari proprietari SGRE.

Mozzo del rotore

Il **mozzo del rotore** è fuso in ghisa sferoidale ed è fissato all'albero a bassa velocità della trasmissione con una connessione a flangia. L'**hub** è sufficientemente grande da fornire spazio ai tecnici dell'assistenza durante la manutenzione delle pale e cuscinetti del passo dall'interno della struttura.

Trasmissione

La **trasmissione** è un concetto di sospensione a quattro punti: albero principale con due cuscinetti principali e cambio con due bracci di reazione montati al telaio principale. Il **cambio** è in posizione cantilever; il **porta-satelliti** del cambio è assemblato all'albero principale per mezzo di un giunto bullonato a flangia e sostiene il riduttore. L'**albero** principale a bassa velocità è forgiato e trasferisce la coppia del rotore al cambio e al telaio tramite i cuscinetti di banco e gli alloggiamenti dei cuscinetti di banco. L'albero a bassa velocità della turbina eolica è supportato da due cuscinetti a rulli conici. I **cuscinetti** sono lubrificato a grasso. Tale cambio è del tipo ad alta velocità a 3 stadi (2 planetari + 1 parallelo).

Il **generatore** è del tipo trifase asincrono a doppia alimentazione con rotore avvolto, collegato a un convertitore PWM di frequenza. Lo **statore** e il **rotore** del generatore sono entrambi

costituiti da lamierini magnetici impilati e avvolgimenti formati. Il generatore è raffreddato ad aria. Il **freno** meccanico è montato sul lato opposto alla trasmissione del cambio.

Un **telaio** del letto in ghisa collega la trasmissione alla torre. Il cuscinetto di imbardata è un anello con ingranaggi esterni con un cuscinetto di attrito. Una serie di motoriduttori epicicloidali elettrici aziona l'imbardata. La protezione contro le intemperie e l'alloggiamento attorno ai macchinari nella navicella sono in fibra di vetro rinforzata pannelli laminati.

La **turbina eolica** è montata di serie su una **torre** tubolare rastremata in acciaio dotata di salita interna e accesso diretto al sistema di imbardata e navicella. La salita è dotata di pedane e illuminazione elettrica interna.

Il **controller** della turbina eolica è un controller industriale basato su microprocessore, completo di quadro e dispositivi di protezione e auto-diagnostica. Collegato direttamente al rotore, il convertitore di frequenza è un sistema di conversione *4Q back to back* con 2 VSC in un collegamento CC comune. Il convertitore di frequenza consente il funzionamento del generatore a velocità variabile, fornendo potenza a frequenza e tensione costanti al **trasformatore**.

La turbina eolica è inoltre dotata di **collegamento al CSSS**. Questo sistema offre il controllo remoto, una varietà di visualizzazioni di stato e rapporti utili da un browser Web Internet standard. Esso fornisce informazioni su dati elettrici e meccanici, funzionamento e stato di guasto, dati meteorologici e dati della stazione di rete.

Oltre al CSSS, la turbina eolica può essere dotata dell'esclusivo **monitoraggio delle condizioni SGRE**. Questo sistema monitora il livello di vibrazione dei componenti principali e confronta l'effettivo spettro di vibrazione con una serie di spettri di riferimento stabiliti. La revisione dei risultati, analisi dettagliata e la riprogrammazione può essere eseguita utilizzando un browser web standard.

La turbina eolica funziona automaticamente. Si avvia automaticamente quando la coppia aerodinamica raggiunge un certo valore. Al di sotto della velocità del vento nominale, il controller della turbina eolica fissa i riferimenti di passo e coppia per operare nel punto aerodinamico ottimale

(massima produzione). Una volta superata la velocità del vento nominale, la richiesta della posizione del passo viene regolata per mantenere stabile potenza prodotta pari al valore nominale.

Se è abilitata la **modalità declassata** per vento forte, la produzione di energia è limitata una volta che la velocità del vento supera il valore di soglia definito dal progetto, fino al raggiungimento della velocità del vento di spegnimento e all'arresto della turbina. Se la velocità media del vento supera il **limite operativo massimo**, la turbina eolica viene arrestata dal beccheggio delle lame. Quando la velocità media del vento scende di nuovo al di sotto del vento medio di riavvio velocità, i sistemi si ripristinano automaticamente.

Si rimanda agli allegati alla presente relazione tecnica per una completa descrizione dell'aerogeneratore utilizzato.

1.2 Opere Elettriche

Gli impianti elettrici sono costituiti da:

- **Parco Eolico**: costituito da n. **7 aerogeneratori** della potenza unitaria di **6,6 MW** che convertono l'energia cinetica del vento in energia elettrica per mezzo di un generatore elettrico. Un trasformatore elevatore BT/AT (0,690/36 kV) porta la tensione al valore di trasmissione interno dell'impianto;
- **Linee Interrate in AT a 36 kV**: convogliano la produzione elettrica degli aerogeneratori alla Cabina di Consegna;
- **Cabina di Consegna**: raccoglie le linee in AT a 36 kV per la successiva consegna alla rete AT. In questa cabina vengono posizionati gli apparati di protezione e misura dell'energia prodotta;
- **Sistema di Accumulo**: della potenza di 10 MW, con capacità di 40 MWh;
- **Cavidotto di Consegna a 36 kV**: cavo di collegamento a 36 kV tra la Cabina di Consegna e la futura Stazione di Trasformazione (SE) della RTN 380/150/36 kV.

La rete di alta tensione a 36 kV dell'impianto eolico sarà composta da n° 3 circuiti con posa completamente interrata, a cui va aggiunto una breve linea a 36 kV per l'impianto di accumulo. Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole allegate.

Nelle tavole allegate vengono anche riportati lo schema unifilare dove con indicazione della lunghezza e della sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e viene descritta la modalità e le caratteristiche di posa interrata.

La rete a 36 kV sarà realizzata per mezzo di **cavi unipolari del tipo ARP1H5E** (o equivalente) con conduttore in alluminio. Le caratteristiche elettriche di portata e resistenza dei cavi in alluminio sono riportate nella seguente tabella (portata valutata per posa interrata a 1,2 m di profondità, temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno di 1 K m /W):

Tabella 2 - Caratteristiche elettriche cavo AT

Sezione [mm ²]	Portata [A]	Resistenza [Ohm/km]
150	328	0,262
500	643	0,084
630	735	0,061

I cavi verranno posati con una **protezione meccanica** (lastra o tegolo) ed un **nastro segnalatore**. Su terreni pubblici e su strade pubbliche la profondità di posa dovrà essere comunque **non inferiore a 1,2 m** previa autorizzazione della Provincia. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligatoria.

Mantenendo valide le ipotesi di temperatura e resistività del terreno, i valori di portata indicati nel precedente paragrafo vanno moltiplicati per i **coefficienti di correzione** che tengono conto della profondità di posa di progetto, del numero di cavi presenti in ciascuna trincea e della ciclicità di utilizzo dei cavi. Ove necessario, si dovrà provvedere alla **posa indiretta dei cavi in tubi**, condotti o cavedi. Per i condotti e i cunicoli, essendo manufatti edili resistenti non è richiesta una profondità minima di posa né una protezione meccanica supplementare. Lo stesso vale per i **tubi 450 o 750**, mentre i **tubi 250** devono essere posati almeno a **0,6 m** con una **protezione meccanica**.

In questi casi si applicheranno i seguenti **coefficienti di correzione**:

- **Lunghezza $\leq 15m$: nessun coefficiente riduttivo**
- **Lunghezza $\geq 15 m$: 0,8 m**

Inoltre, si installerà una **terna per tubo** che dovrà avere un diametro doppio di quello apparente della terna di cavi. Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

La **Rete di Terra** sarà costituita dai seguenti elementi:

- **Anello** posato attorno a ciascun aerogeneratore (**raggio R=15 m**),
- La **corda di collegamento** tra ciascun anello e la Cabina di Consegna (posata nella stessa trincea dei cavi di potenza),
- **Maglia** di terra della Cabina di Consegna.

La rete sarà formata da un **conduttore nudo in rame da 50 mm²** e si assumerà un valore di **resistività ρ** del terreno pari a **150 Ω m**.

La **Cabina di Consegna** è necessaria per raccogliere le linee a 36 kV provenienti dal parco eolico e permettere l'immissione dell'energia prodotta nella rete di TERNA. La corrente massima di esercizio in AT è di 949 A, corrispondente al regime di piena potenza del PE e del BESS, inferiore alle correnti nominali degli apparati e dei conduttori utilizzati.

Il sistema è costituito da:

- N°1 cella con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione della linea di consegna a TERNA,
- N°3 celle con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione della rete a 36 kV del Parco Eolico,
- N°1 cella con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione per la reattanza shunt,
- N°1 cella con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione per il sistema di accumulo,
- N°1 celle di misura (opzionale),
- N°1 cella con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione del trasformatore dei servizi ausiliari.

All'interno dell'edificio tecnico saranno installati inoltre gli **apparati di misura, comando, controllo** e protezione necessari per la corretta funzionalità dell'impianto.

Il percorso del cavidotto è stato scelto in modo da limitare al minimo l'impatto in quanto viene prevalentemente realizzato lungo la viabilità esistente, a bordo o lungo la strada ed utilizzando mezzi per la posa con limitate quantità di terreno da smaltire in quanto prevalentemente riutilizzabile per il



rinterro. Tale percorso, come meglio rappresentato nelle allegate tavole grafiche, riguarda prevalentemente: il collegamento in Alta Tensione tra le turbine e la Cabina di Consegna.

La Cabina di Consegna verrà collegata alla nuova **Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione (SE)** a 150/36 kV della RTN per mezzo di un breve tratto di linea interrata a 36 kV della lunghezza di circa 150 m. Verranno utilizzate due terne di cavi unipolari RG7H1R (o equivalente) di sezione complessiva pari a 1260 mm², in parallelo con posa diretta nel terreno.

L'impianto eolico sarà dotato di un **Sistema o Impianto di Accumulo** della potenza di 10 MW ed una capacità di 40 MWh. Il layout prevede la disposizione di n. **15 Battery Container** (dim. 6,058 m x 2,438 m x 2,591 m), n. **1 Common Container** (dim. 6,058 m x 2,438 m x 2,591 m), n. **3 Inverter** e n. **2 Trasformatori**, il tutto all'interno di un'area recintata di dimensioni 2.500 m².

Il Sistema di Accumulo potrà operare come sistema integrato all'impianto al fine di accumulare una parte della produzione del medesimo, non dispacciata in rete e rilasciarla in orari in cui l'impianto non è in produzione o ha una produzione limitata. L'impianto di accumulo, inoltre potrà operare in maniera indipendente al fine di fornire servizi ausiliari alla rete operando sui mercati dell'energia elettrica e dei servizi, in particolare come **arbitraggio sul MGP (Mercato del Giorno Prima)** e sul **MI (Mercato Intra-giornaliero)** e come **Riserva Primaria, Riserva Secondaria, Riserva Terziaria sul MSD (Mercato dei Servizi di Dispacciamento)** e partecipare ai progetti speciali che verranno banditi da TERNA per l'approvvigionamento di nuovi servizi di rete. Infine, l'Impianto di accumulo con l'impianto di produzione potrà partecipare al mercato della capacità sulla piattaforma dell'operatore di rete.

1.3 Opere Civili

Le **Opere Civili per la costruzione della Cabina di Consegna** sono di seguito descritte.

Piattaforma

I lavori riguarderanno l'intera area della Cabina di Consegna e consisteranno nell'eliminazione del mantello vegetale, scavo, riempimento e compattamento fino ad arrivare alla quota di appianamento prevista.

Fondazioni

Si realizzeranno le fondazioni necessarie alla stabilità delle apparecchiature a 36 kV.

Drenaggio di acqua pluviale

Il drenaggio di acqua pluviale sarà realizzato tramite una rete di raccolta formata da tubature drenanti che canalizzeranno l'acqua attraverso un collettore verso l'esterno, orientandosi verso le cunette vicine alla Cabina di Consegna.

Canalizzazioni elettriche

Si costruiranno le canalizzazioni elettriche necessarie alla posa dei cavi di potenza e controllo. Queste canalizzazioni saranno formate da solchi, archetti o tubi, per i quali passeranno i cavi di controllo necessari al corretto controllo e funzionamento dei distinti elementi dell'impianto.

Edifici di Controllo

L'edificio di controllo Cabina di Consegna sarà composto dai seguenti vani:

- Locale celle AT
- Locale BT e trasformatore AT/BT
- Locale Gruppo Elettrogeno
- Locale comando e controllo
- Locale servizi igienici
- Magazzino.

1.4 Sistema di Accumulo (Energy Storage System, ESS)

Gli sfidanti obiettivi imposti dal *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)* e dai programmi europei in termini di sviluppo della penetrazione rinnovabile, hanno fatto sì che l'Italia si trovi oggi in una rilevante fase di *Transizione Energetica*. Per cogliere gli obiettivi del Piano, mantenendo alta la qualità dei servizi forniti dal sistema elettrico nazionale e, in particolare, dalla *Rete di Trasmissione Nazionale (RTN)*, è necessario da un lato un intenso sviluppo di impianti a *Fonti Rinnovabili Non Programmabili (FRNP)* in regime di *Grid Parity* e dall'altro lo sviluppo di tecnologie che abilitino una penetrazione sempre maggiore di *FRNP* mantenendo alta la qualità dei servizi sopracitati.

Nel *PNIEC* è indicato come obiettivo al 2030 la realizzazione di **6 GW di sistemi di accumulo** per abilitare la Transizione Energetica: tra di essi, sebbene sia previsto che la quota maggiore sia coperta da impianti di pompaggio, un ruolo rilevante è ricoperto anche dai **sistemi di accumulo elettrochimico**,

anche noti come **Energy Storage Systems (ESS)** o semplicemente batterie. Se diverse *tecnologie FRNP* (ad es. *fotovoltaico ed onshore wind*) risultano ormai mature, con migliaia di MW installati sul territorio nazionale, al contrario le realizzazioni di batterie di grande taglia sono ancora poco diffuse, pur essendo alcune tecnologie già sviluppate ed affidabili. Di seguito si illustra il contesto tecnologico, normativo e di mercato in cui l'ESS si inserisce, per poi articolare la proposta tecnica di un sistema di Storage associato ad un impianto eolico.

1.4.1 Le Politiche Energetiche ed il Contesto Normativo

Lo sviluppo delle tecnologie in grado di sfruttare le *Fonti Rinnovabili Non Programmabili FRNP* è fortemente supportato dalle politiche energetiche dei governi, sia a livello mondiale (COP 21, accordo di Parigi), sia a livello comunitario (pacchetto Clima-Energia 2030 europeo), sia a livello nazionale (PNEIC). L'obiettivo comune primario è la lotta ai cambiamenti climatici, che deve essere realizzata perseguendo diversi obiettivi chiave:

- Decarbonizzazione, ossia riduzione di emissione di gas clima alteranti attraverso un progressivo abbandono delle fonti energetiche fossili;
- Sviluppo delle tecnologie in grado di sfruttare le *Fonti Rinnovabili Non Programmabili FRNP*, che deve avvenire parallelamente all'abbandono delle fonti fossili e deve essere accompagnato dallo sviluppo di nuovi modelli di sistemi energetici e reti elettriche che consentano di accogliere tale sviluppo in maniera sostenibile (generazione distribuita, Smart Grid, ESS, ecc.);
- Riduzione dei consumi energetici attraverso l'efficientamento energetico degli usi finali dell'energia.

Come evidenziato nel secondo punto, una condizione necessaria allo sviluppo delle tecnologie per le FRNP è che le reti elettriche e i sistemi energetici nazionali siano sufficientemente pronti a gestirne l'*aleatorietà* della produzione. In Italia le FRNP hanno priorità di dispacciamento rispetto agli impianti la cui produzione è programmabile, e TERNA, in qualità di *Transmission System Operator (TSO)*, si occupa dell'approvvigionamento di risorse per garantire la stabilità della RTN tramite il **Mercato per il Servizio di Dispacciamento (MSD)**, nonché della gestione dei flussi di potenza in tempo reale.

Il **MSD** è lo strumento attraverso il quale vengono approvvisionate le risorse necessarie alla gestione e al controllo del sistema elettrico nazionale (risoluzione delle congestioni intrazonali, creazione della riserva, bilanciamento in tempo reale). Sul MSD le offerte presentate dai soggetti abilitati che vengono accettate, sono remunerate al prezzo presentato (*pay-as-bid*).

Fino al 30/05/2017, gli unici soggetti abilitati al **MSD** erano solamente le **Unità di Produzione (UP)** rilevanti (ossia di taglia superiore a 10 MW) ad esclusione di quelle non programmabili (PV, Wind, ecc.). Tali soggetti sono obbligati a presentare in ogni sessione di mercato le offerte per i vari servizi di dispacciamento (per ulteriori approfondimenti si rimanda al *Codice di Rete*: <https://download.TERNA.it/TERNA/0000/0886/78.PDF>).

A seguito della **Delibera 300/2017/R/eel dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA)**, dal titolo "*Prima apertura del mercato per il servizio di dispacciamento (MSD) alla domanda elettrica e alle unità di produzione anche da fonti rinnovabili non già abilitate nonché ai sistemi di accumulo. Istituzione di progetti pilota in vista della costituzione del testo integrato dispacciamento elettrico (TIDE) coerente con il balancing code europeo*" sono stati avviati i primi step per la progressiva apertura del **MSD** a nuovi soggetti (la domanda, la generazione distribuita, le FRNP rilevanti, ecc.), tramite una serie di progetti pilota.

Con le **Delibere dell'ARERA 372/2017/R/eel e 583/2017/R/eel** sono poi stati rispettivamente approvati i regolamenti (predisposti da TERNA) relativi ai progetti pilota che disciplinano la partecipazione al **MSD** delle seguenti categorie:

- Le **Unità di Consumo Virtuali Abilitate (UVAC)**, costituite da uno o più impianti di consumo connessi alla rete aventi le seguenti caratteristiche:
 - i. Presentano una *Potenza Massima di Controllo*, intesa come la massima quantità di prelievo che può essere modulata in riduzione, **superiore a 1 MW**;
 - ii. Sono in grado di incrementare la propria immissione (cioè, fisicamente, di modulare in riduzione il prelievo degli impianti di consumo associati alla UVAC) **entro 15 minuti** dalla ricezione dell'ordine di dispacciamento di TERNA per un valore non inferiore alla quantità minima di cui sopra, e sostenere tale riduzione per un periodo almeno pari a **due ore consecutive**;



- iii. Sono tali per cui ogni impianto di consumo deve essere dotato di un sistema di misura della potenza rispondente ai requisiti individuati da TERNA. Nel caso delle UVAC, è ammesso che le *Unità di Consumo* possano avere al loro interno anche sistemi di generazione (sotto determinate condizioni, come dettagliato nel Codice di cui sopra).
- Le ***Unità di Produzione Virtuali Abilitate (UVAP)***, costituite da uno o più punti di immissione ai quali siano connessi esclusivamente impianti di produzione (attualmente esclusivamente non rilevanti), caratterizzate dai seguenti attributi:
 - i. Per servizio di riserva sia nella modalità a salire che a scendere: essere in grado di aumentare o ridurre la potenza immessa di almeno **1 MW**;
 - ii. Per servizio di riserva solo a salire: essere in grado di aumentare la potenza immessa di almeno **1 MW**;
 - iii. Per servizio di riserva solo a scendere: essere in grado di ridurre la potenza immessa di almeno **1 MW**;
 - iv. Devono essere in grado di modulare in incremento (o in decremento) l'immissione entro **15 minuti** dalla ricezione dell'ordine di dispacciamento di TERNA e sostenere tale modulazione per un periodo almeno pari a due ore consecutive;
 - v. Ogni impianto di produzione deve essere dotato di un sistema di misura della potenza rispondente ai requisiti individuati da TERNA.

Con la ***Delibera 422/2018/R/eel*** i sopracitati progetti sono confluiti nel progetto pilota delle ***Unità Virtual Abilitate Miste***. A questi progetti si aggiungono anche:

- FRNP rilevanti, ossia impianti rinnovabili non programmabili di taglia superiore a 10 MW. Il regolamento è in corso di approvazione da parte dell'***ARERA (383/2018/R/eel)***;
- Unità di Produzione Integrate, ossia UP tradizionali affiancate da sistemi di storage elettrochimico. Il regolamento deve essere presentato all'***ARERA*** per l'approvazione, essendo chiusa la fase di consultazione con gli operatori (***402/2018/R/eel***);

Inoltre, da dicembre 2019 risulta in consultazione, da parte di TERNA, un progetto pilota denominato ***"Riserva Ultrarapida"*** caratterizzato dalle seguenti requisiti principali:



- Taglia minima a livello di aggregato almeno pari a **5 MW** e taglia massima al più pari a **25 MW** (l'obiettivo è di evitare eccessiva concentrazione di riserva in pochi aggregati/dispositivi e assicurare una maggiore disponibilità media delle risorse);
- Essere in grado di fornire una regolazione continua e automatica della frequenza nel rispetto dei vincoli di tempo di attivazione, durata e modalità di seguito definite e indipendentemente dal tipo di tecnologia;
- Essere in grado di fornire la risposta **entro 1 secondo** dall'evento di deviazione della frequenza (secondo le modalità definite da TERNA), di regolare continuamente il profilo di potenza richiesto per **30 secondi** e di eseguire una derampa lineare fino a potenza nulla entro tempo di default di **5 minuti**;
- Essere in grado di garantire una durata minima di erogazione del servizio a piena potenza pari a **15 minuti** sia a salire sia a scendere.

Nonostante il progetto pilota della **Riserva Ultra-rapida** risulti essere tecnologicamente neutro, la caratteristica del terzo punto (**risposta completa del sistema entro 1 secondo**) rende il progetto dedicato quasi **esclusivamente ai sistemi di accumulo elettrochimico**.

1.4.2 Il Ruolo dello Storage

I **Sistemi di Storage Elettrochimico**, più comunemente noti come batterie, sono in grado, se opportunamente gestiti, di essere asserviti alla fornitura di molteplici applicazioni e servizi di rete. Uno sviluppo sostenuto degli ESS, grazie appunto ai servizi che sono in grado di erogare verso la rete, è il fattore abilitante per una penetrazione di FRNP molto spinta, che altrimenti il sistema elettrico nazionale non sarebbe in grado di accogliere in maniera sostenibile per la rete. Una prima classificazione degli ESS (si veda anche la Figura seguente) può essere fatta in base a chi eroga e/o beneficia di tali applicazioni e servizi (produttori di energia, consumatori, utility).

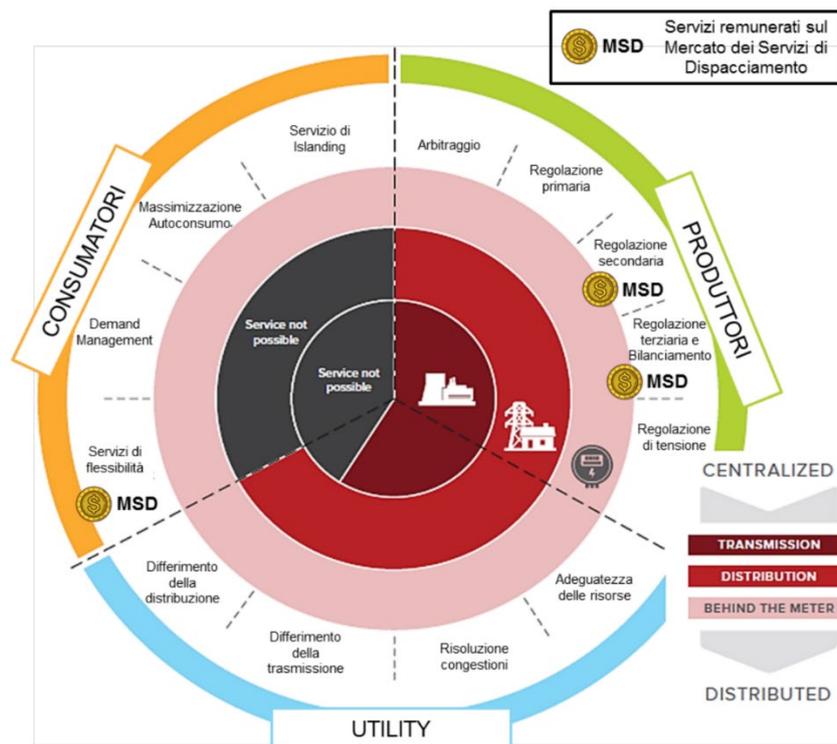


Figura 3 - I diversi servizi erogabili dai sistemi Storage

Limitatamente alle applicazioni di interesse per i Produttori, vengono di seguito elencate tutte le applicazioni e i servizi di rete che possono essere erogati dalle batterie:

- **Arbitraggio:** differimento temporale tra produzione di energia (ad esempio da fonte rinnovabile non programmabile, FRNP) ed immissione in rete della stessa, per sfruttare in maniera conveniente la variazione del prezzo di vendita dell'energia elettrica;
- **Regolazione primaria di Frequenza:** regolazione automatica dell'erogazione di potenza attiva effettuata in funzione del valore di frequenza misurabile sulla rete e avente l'obiettivo di mantenere in un sistema elettrico l'equilibrio tra generazione e fabbisogno;
- **Regolazione Secondaria di Frequenza:** regolazione automatica dell'erogazione di potenza attiva effettuata sulla base di un segnale di livello inviato da TERNA e avente l'obiettivo di ripristinare gli scambi di potenza alla frontiera ai valori di programma e di riportare la frequenza di rete al suo valore nominale;
- **Regolazione Terziaria e Bilanciamento:** regolazione manuale dell'erogazione di potenza attiva effettuata a seguito di un ordine di dispacciamento impartito da TERNA e avente l'obiettivo di:
 - Ristabilire la disponibilità della riserva di potenza associata alla regolazione secondaria;
 - Risolvere eventuali congestioni;

- Mantenere l'equilibrio tra carico e generazione.
- **Regolazione di Tensione:** regolazione dell'erogazione di potenza reattiva in funzione del valore di tensione misurato al punto di connessione con la rete e/o in funzione di un setpoint di potenza inviato da TERNA.

1.4.3 Il Progetto Storage LAB

Nell'ambito del *Piano di Difesa per la Sicurezza del Sistema Elettrico Nazionale 2012-2015*, TERNA ha individuato un **programma di installazione di 40 MW di sistemi di accumulo** al fine di utilizzare le potenzialità introdotte dai rapidi tempi di risposta dei sistemi di accumulo per incrementare i margini di sicurezza di gestione delle reti AT delle Isole Sicilia e Sardegna.

Considerato l'elevato contenuto innovativo del Progetto, TERNA ha ritenuto necessario suddividere il programma in una prima fase ad alto contenuto sperimentale denominata **Storage Lab**, che prevede l'installazione complessiva di circa **16 MW di diverse tecnologie di accumulo**, suddivise in circa **8 MW in Sicilia ed 8 MW in Sardegna**.

Lo Storage Lab è un impianto unico al mondo per varietà di tecnologie disponibili ed innovatività nei sistemi di controllo e presenta attualmente una **capacità complessiva di circa 12,5 MWh e 18,2 MWh di tecnologie di accumulo**, entrate in esercizio con tempistiche tra loro differenti. Le singole unità di accumulo hanno una taglia di circa **1MW**, e sono del tipo **lithium-based (9,2 MW, 5 tipologie)** e del tipo **ZEBRA (3,4 MW, 2 tipologie)**. Attualmente, TERNA sta inoltre integrando i progetti con tecnologie denominate "**batterie a flusso**", e prevede di completare il programma di **16 MW** sperimentando successivamente anche sistemi basati su **supercapacitori**.

La tecnologia delle batterie agli ioni di litio è attualmente lo stato dell'arte per efficienza, compattezza e flessibilità di utilizzo dei BESS (*Battery Energy Storage System*).

Un sistema di accumulo a batteria o BESS comprende:

- **BAT:** batteria di accumulatori elettrochimici, del tipo agli ioni di Litio;
- **BMS:** il sistema di controllo di batteria (**Battery Management System**);
- **BPU:** le protezioni di batteria (**Battery Protection Unit**);
- **PCS:** il convertitore bidirezionale caricabatterie-inverter (**Power Conversion System**);

- **EMS:** il sistema di controllo (*Energy management system*);
- **AUX:** gli ausiliari (HVAC, antincendio, ecc.).

Il **collegamento del BESS** alla rete avviene normalmente mediante un **trasformatore innalzatore** 0,690/36 kV, e un quadro di parallelo dotato di protezioni di interfaccia. I principali ausiliari sono costituiti dalla ventilazione e raffreddamento degli apparati.

L'inverter e le protezioni sono regolamentati dalla **Norma Nazionale CEI 0-16**. Le batterie vengono dotate di involucri sigillati per contenere perdite di elettrolita in caso di guasti, e sono installate all'interno di container (di tipo marino, modificati per l'uso come cabine elettriche).

La **capacità del BESS** è scelta in funzione al requisito minimo per la partecipazione ai mercati del servizio di dispacciamento, che richiede il sostenimento della potenza offerta per almeno **2 ore** opportunamente sovradimensionata per tener conto delle dinamiche intrinseche della tecnologia agli ioni di litio (efficienza, energia effettivamente estraibili), mentre la potenza del sistema viene dimensionata rispetto alla potenza dell'impianto eolico:

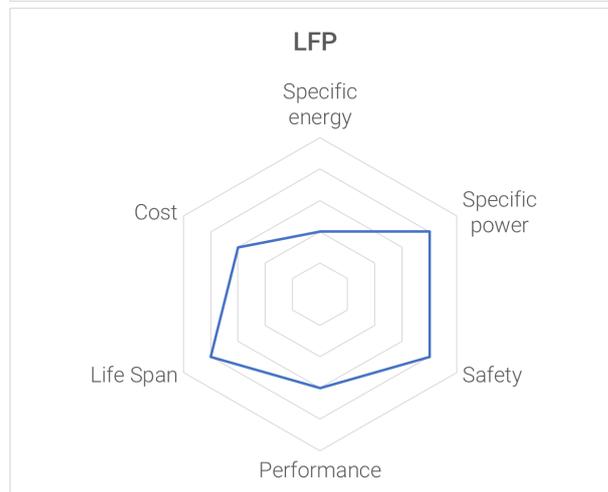
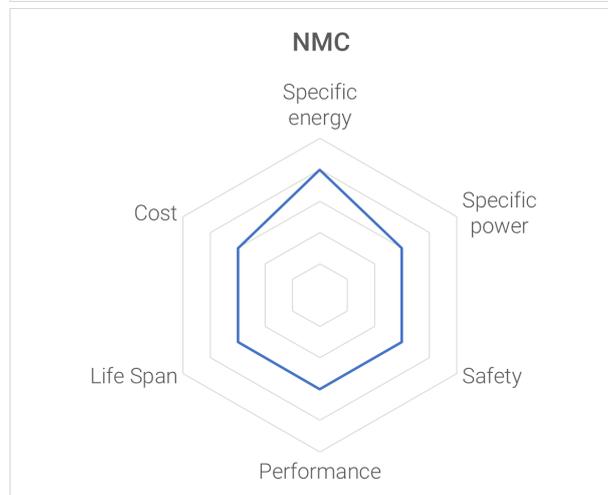
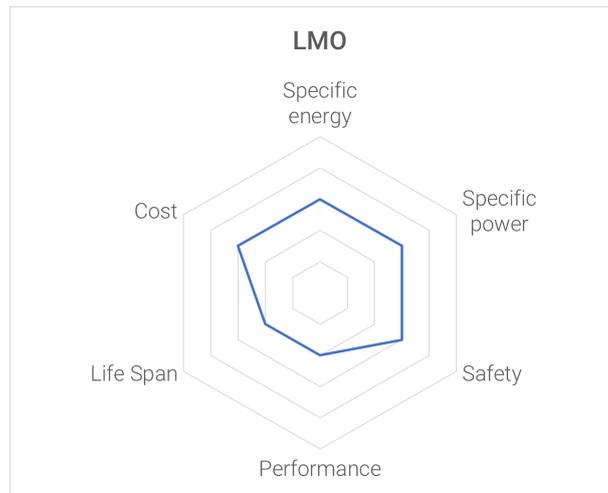
- Secondo la letteratura la **potenza nominale del BESS** risulta ottimale attorno a circa il **33% della potenza nominale dell'impianto**, portando la scelta per tale progetto a circa 10 MW (potenza del parco pari a 33 MW);
- La capacità della batteria per garantire il funzionamento pari a **4 h** risulta: **40 MWh**.

1.4.3.1 Sistemi di Accumulo a Batterie

Il sistema di accumulo a batteria è basato (principalmente) sulla tecnologia agli ioni di litio, tra queste le principali tecnologie usate nell'ambito dell'energy storage sono:

- **Litio Ossido di Manganese (LMO)**
- **Litio Nichel Manganese Cobalto (NMC)**
- **Litio Ferro Fosfato (LFP)**
- **Litio Nichel Cobalto Alluminio (NCA)**
- **Litio Titanato (LTO)**

Di seguito sono illustrate le principali caratteristiche delle sopraindicate tecnologie:



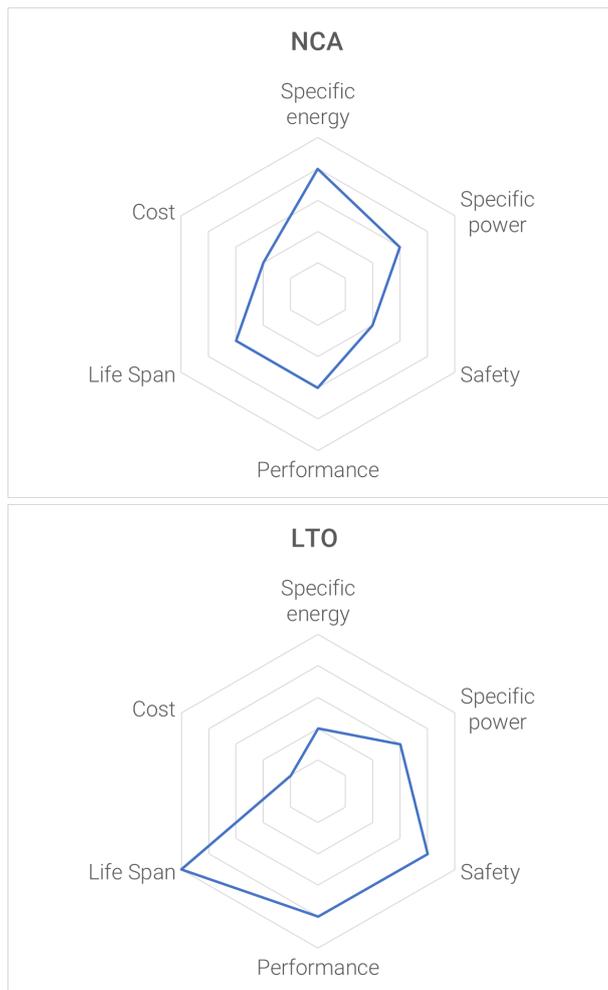


Figura 4 - Caratteristiche delle cinque principali tecnologie per i BESS a litio

Negli ultimi anni le due tecnologie che si stanno maggiormente affermando nell’ambito energy storage sono: **Litio-Manganese-Cobalto (NMC)** e **Litio Ferro Fosfato (LFP)**, pertanto il Progetto Storage Lab è stato basato su queste due tecnologie.

I sistemi energy storage con tecnologia al litio sono caratterizzati da stringhe batterie (denominati batteries racks) costituite dalla serie di diversi moduli batterie, al cui interno sono disposte serie e paralleli delle celle elementari. Si riporta un esempio di cella, modulo batteria e rack batterie:



Figura 5 - Esempio cella batteria



Figura 6 - Esempio modulo batteria



Figura 7 - Esempio rack per batterie

Infine, a capo dei moduli posti in serie all'interno dei rack vi è la **Battery Protection Unit (BPU)** responsabile della protezione dell'intero rack contro i corto circuiti, il sezionamento del rack per eseguire la manutenzione in sicurezza, e la raccolta di tutte le informazioni provenienti dai vari moduli (temperature, correnti, tensioni, stato di carica etc). Si riporta un esempio di BPU:



Figura 8 - Esempio di Battery Protection Unit BPU

1.4.3.2 Convertitore di potenza

Dal momento che i rack per batterie sono caratterizzati da grandezze elettriche continue, al fine di poter connettere tali dispositivi alla rete elettrica vi è la necessità di convertire tali grandezze continue in alternate. A tal fine il sistema di conversione solitamente utilizzato in applicazioni Energy Storage è un **convertitore bidirezionale monostadio** caratterizzato da un unico **inverter AC/DC** direttamente collegato al sistema di accumulo, come indicato in figura:

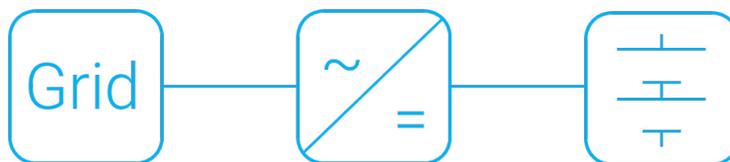


Figura 9 - Schema semplificato di un convertitore monostadio

Tali convertitori possono essere installati direttamente all'interno di container oppure realizzati in appositi **skid esterni**, come i convertitori centralizzati utilizzati ad esempio nei parchi fotovoltaici. Si riportano nel seguito due esempi:



Figura 10 - Esempio di Convertitore di Potenza da interno



Figura 11 - Esempio di Convertitore di Potenza da esterno

Il convertitore poi risulta essere connesso ad un **trasformatore** 0,690/36 kV al fine di trasportare l'energia in maniera più efficiente e solitamente vengono realizzati degli skid esterni comprensivi di PCS, trasformatore e celle di media tensione, di seguito un esempio di tale installazione:



Figura 12 - Esempio skid esterno per Convertitore di Potenza

1.4.3.3 Container

I container sono progettati per ospitare le apparecchiature elettriche, garantendo idonee segregazioni per le vie cavi (canalizzazioni e pavimento flottante), isolamento termico e separazione degli ambienti, spazi di manutenzione e accessibilità dall'esterno. I container rispetteranno i seguenti requisiti:

- Resistenza al fuoco **REI 120**;
- Contenimento di qualunque fuga di gas o perdita di elettrolita dalle batterie in caso di incidente;
- Segregazione delle vie cavi (canalizzazioni e pavimento flottante);
- Adeguati spazi di manutenzione e accessibilità dall'esterno ai singoli compartimenti;
- Isolamento termico in poliuretano o lana minerale a basso coefficiente di scambio termico;
- Pareti di separazione tra i diversi ambienti funzionali (stanze o locali);
- Porte di accesso adeguate all'inserimento / estrazione di tutte le apparecchiature (**Standard ISO** + modifica fornitore) e alle esigenze di manutenzione;
- I locali batterie saranno climatizzati con condizionatori elettrici "**HVAC**". Ogni container sarà equipaggiato con minimo due unità condizionatore al fine di garantire della ridondanza;

- Particolare cura sarà posta nella sigillatura della base del container batterie. Per il locale rack batterie saranno realizzati setti sottopavimento adeguati alla formazione di un vascone di contenimento, che impedisca la dispersione di elettrolita nel caso incidentale;
- **Sicurezza** degli accessi: i container sono caratterizzati da elevata robustezza, tutte le porte saranno in acciaio rinforzato e dotate di dispositivi anti-intrusione a prevenire l'accesso da parte di non autorizzati.

I container batterie e inverter saranno appoggiati su una struttura in cemento armato, tipicamente costituita da una platea di fondazione appositamente dimensionata in base all'attuale normativa **NTC 2018**.

La quota di appoggio dei container sarà posta a circa **25 cm** dal piano di campagna, al fine di evitare il contatto dei container con il suolo e con l'umidità in caso di pioggia. La superficie della piazzola di collocamento dei container sarà ricoperta con ghiaia. Si prevede che il percorso di accesso ai container (corridoio centrale tra le due file e zona perimetrale) potrà essere pavimentato con una semplice soletta in calcestruzzo tipo marciapiede.

1.4.3.4 Collegamenti elettrici

Il collegamento del Sistema di Accumulo avverrà mediante 4 interruttori posti nelle celle di media tensione a **30 kV** sul quadro generale dell'impianto. I tratti di interconnessione tra i container saranno realizzati con tubi interrati, tipo corrugato doppia parete; nei punti di ingresso/uscita attraverso i basamenti dei container o tubi che saranno annegati nel calcestruzzo o tramite cavidotti. Saranno inoltre previsti pozzetti intermedi in cemento armato con coperchio carrabile, dimensioni indicative **1000x1000x800 mm**

Sarà presente una sezione di bassa tensione in comune alle 4 sezioni, di alimentazione degli ausiliari **400 Vac e 230 Vac** derivata dal trasformatore dei servizi ausiliari dell'impianto.

Tutti gli impianti elettrici saranno realizzati a regola d'arte, progettati e certificati ai sensi delle **Norme CEI EN** vigenti. Le sezioni dell'impianto di accumulo saranno collegate all'impianto di terra della sottostazione tramite appositi dispersori.

1.4.3.5 Sistema Antincendio

Il **Sistema Antincendio** dell'impianto di accumulo sarà progettato e certificato in conformità alla regola dell'arte ed alla normativa vigente. Il sistema, che sarà interfacciato con la centrale di allarme presente nella sala controllo del **CCGT**, ha il compito di valutare i segnali dei **sensori di fumo/termici** e:

- Allertare le persone in caso di pericolo;
- Disattivare gli impianti tecnologici;
- Attivare i sistemi fissi di spegnimento;

Le principali caratteristiche sono:

- I locali batterie saranno protetti da sistema di estinzione, attivato automaticamente dalla centrale antincendio in seguito all'intervento concomitante di almeno 2 sensori su 2;
- Il fluido estinguente sarà un gas caratterizzato da limitata tossicità per le persone e massima sostenibilità ambientale, contenuto in bombole pressurizzate con **azoto** (tipicamente a **25 bar**). Sarà di tipo **Fluoro-Chetone 3M NOVEC 1230** o equivalente. La distribuzione è effettuata ad ugelli, e realizzerà l'estinzione entro 10 s;
- La centrale di rilevazione e automazione del sistema di estinzione e le bombole saranno installate in compartimento separato dal locale batterie, separato da setto **REI 120**;
- Esternamente ai container saranno installati avvisatori visivi e acustici degli stati d'allarme, e sistema a chiave di esclusione dell'estinzione;
- Saranno presenti pulsanti di allarme e specifiche procedure per la gestione delle eventuali situazioni di malfunzionamento in modo da escludere limitazioni alle attuali condizioni di sicurezza della centrale;
- Nei locali elettrici non dotati di sistema di estinzione automatico (cabina elettrica) saranno previsti estintori a CO₂.

La gestione degli apparecchi che contengono gas ad effetto serra sarà conforme alle **Normative F-Gas** vigenti.

1.4.3.6 Sistema BESS

Il progetto del parco eolico “Poggio del Mulino” prevede la realizzazione di un **Sistema di Accumulo** della potenza di **10 MW** ed una capacità di **40 MWh**. Il layout prevede la disposizione di n. **15 Battery Container** (dim. 6,058 m x 2,438 m x 2,591 m), n. 1 **Common Container** (dim. 6,058 m x 2,438 m x 2,591 m), n. 3 **Inverter** e n. 2 **Trasformatori**, il tutto all’interno di un’area recintata di dimensioni 2.500 m².

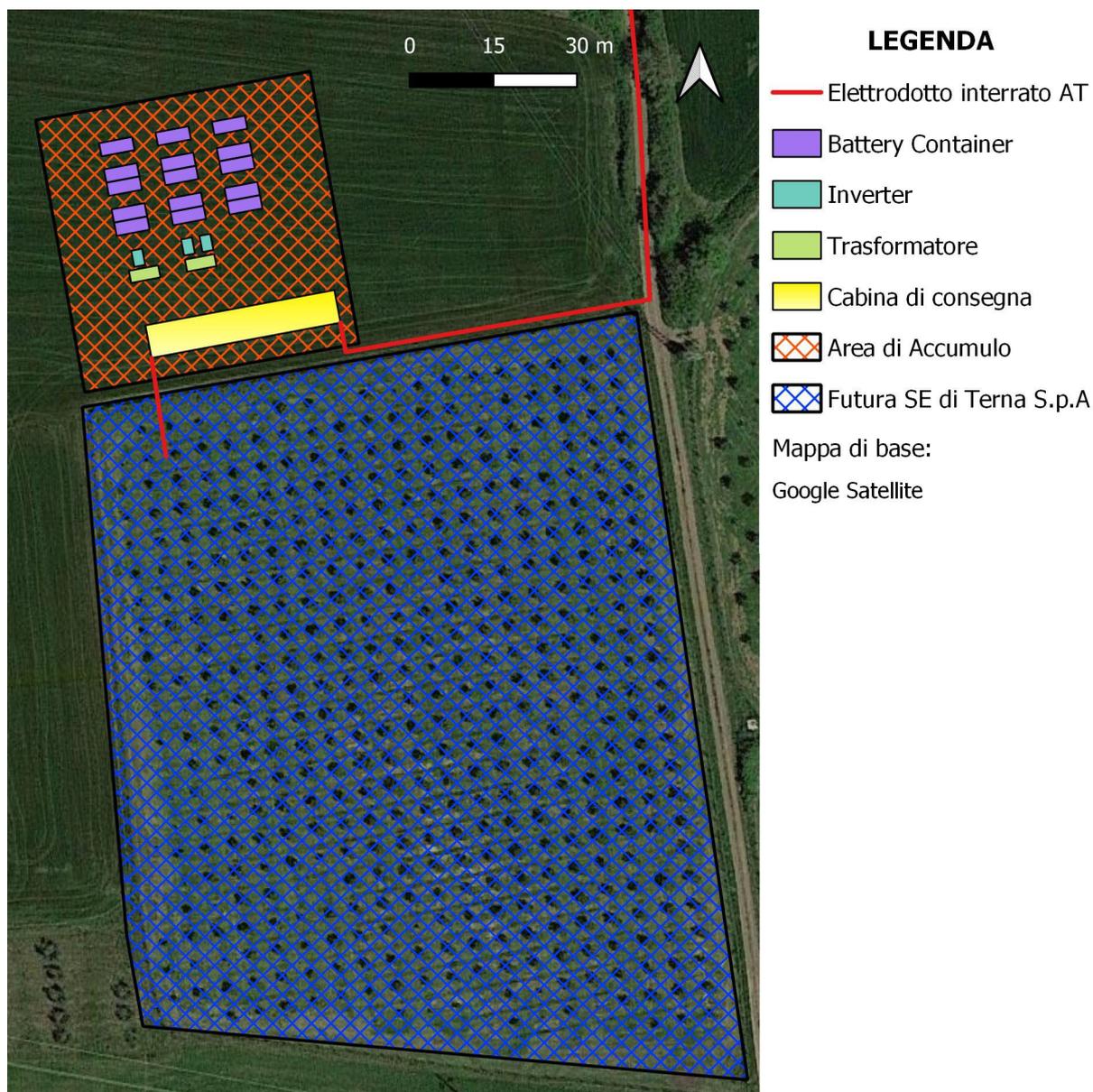


Figura 13 – Planimetria dell’Area di Accumulo e della Stazione Elettrica

La composizione del BESS è modulare e sarà composta da **quattro sezioni di base**. Ciascuna sezione di base sarà così composta:

- **5 MWh** usabili per ogni sezione posizionati all'interno di **15 container dedicati**;
- **2.5 MW a 50°C** composti da due inverter da esterno **1250 kW** con dispositivo di generatore (**DDG**, definito dalla CEI 0-16) integrato, associati ad un **trasformatore elevatore da 2.5 Megavolt-Ampere (MVA)**.

Il sistema di batterie, quadri elettrici e ausiliari, è interamente contenuto all'interno di cabine in acciaio galvanizzato, di derivazione da container marini per trasporto merci di misure standard **40' ISO HC (dimensioni 12,2m x 2,45m x H2,9m)**, opportunamente allestiti per l'utilizzo speciale.

Tramite le seguenti immagini si descrivono le diverse modalità di funzionamento previste per detto sistema di accumulo:

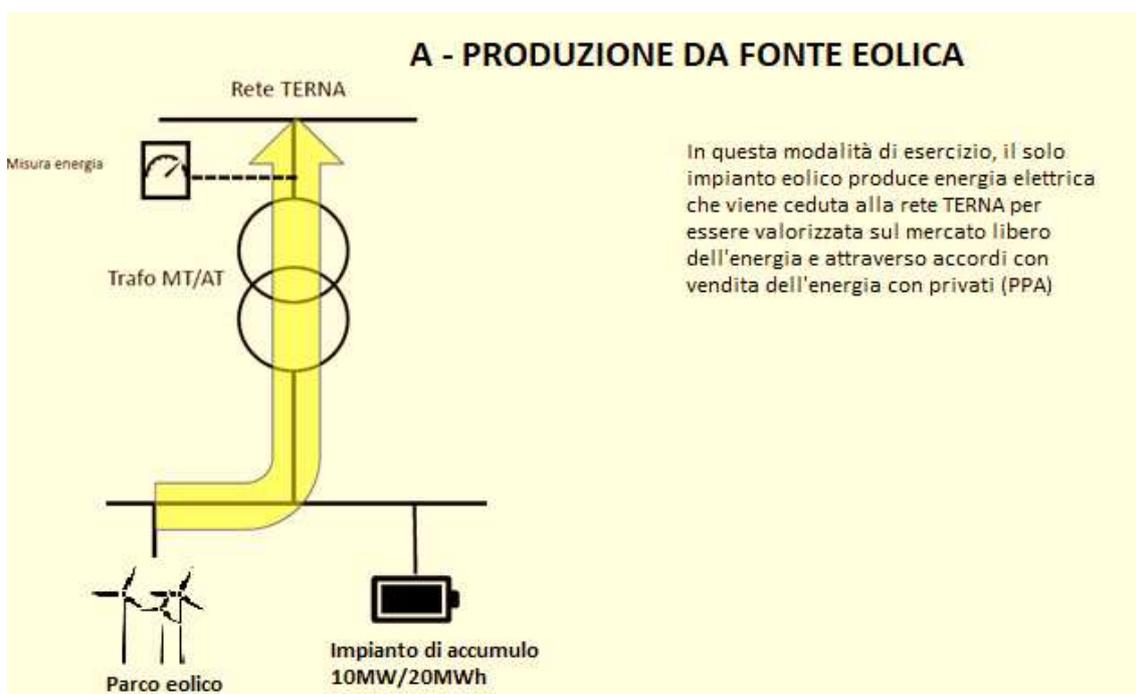


Figura 14 - Modalità di Funzionamento del Sistema di Accumulo di tipo A: Produzione da Fonte Eolica

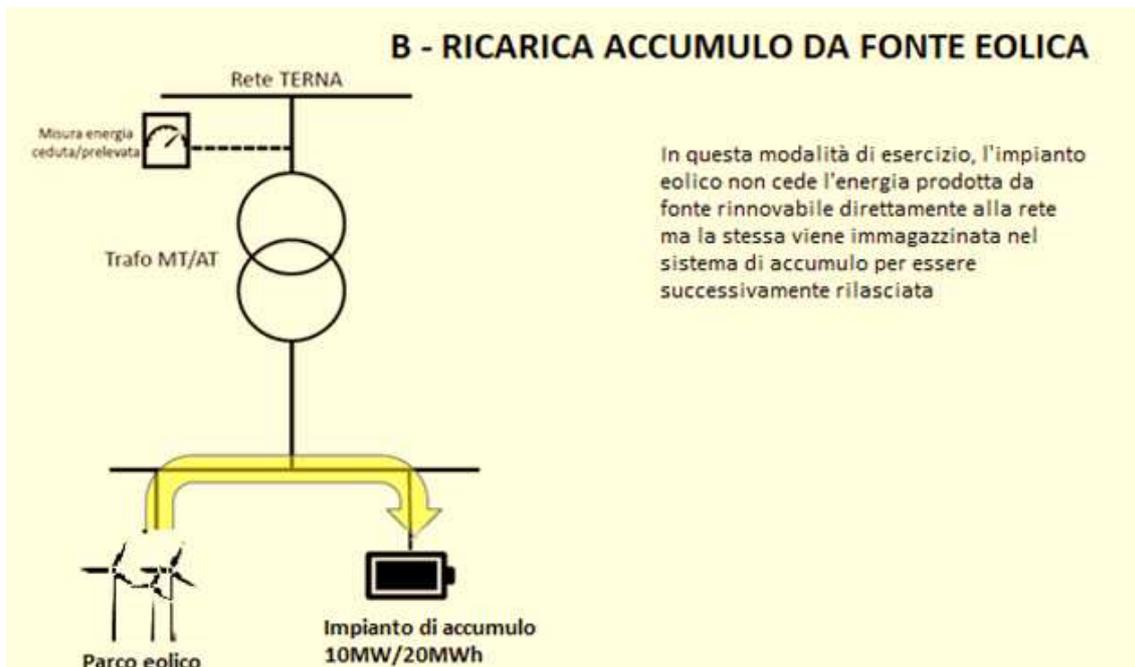


Figura 15 - Modalità di Funzionamento del Sistema di Accumulo di tipo B: Accumulo da Fonte Eolica

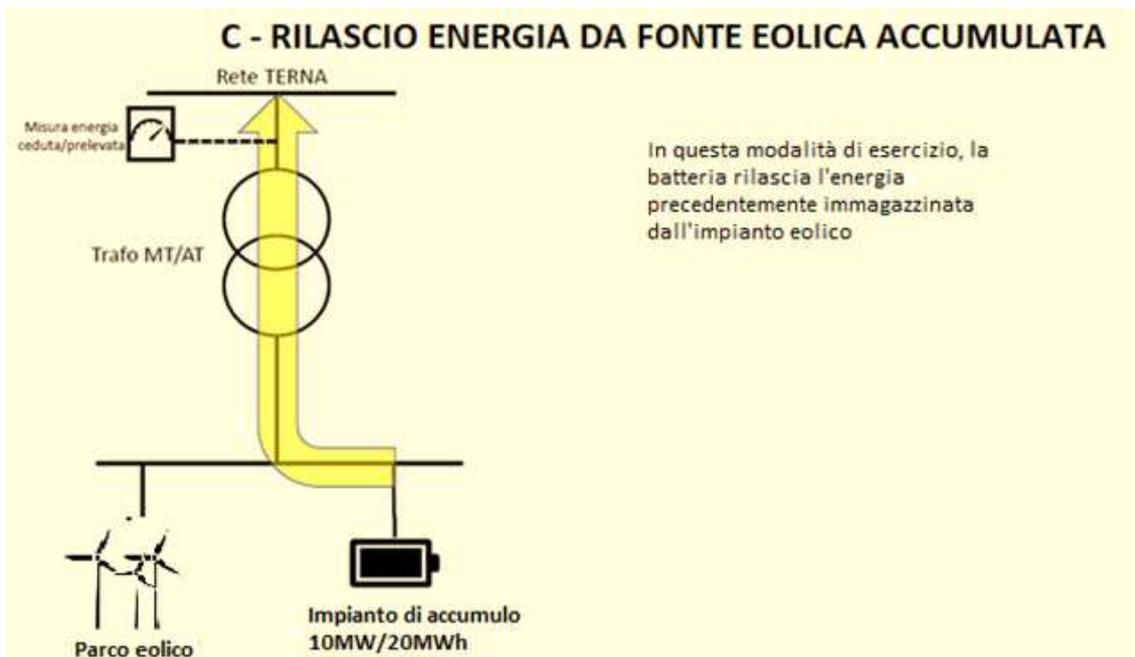


Figura 16 - Modalità di Funzionamento del Sistema di Accumulo di tipo C: Rilascio Energia da Fonte Eolica Accumulata



Figura 17 - Modalità di Funzionamento del Sistema di Accumulo di tipo D: Ptrelievo Energia per Servizi di Rete



Figura 18 - Modalità di Funzionamento del Sistema di Accumulo di tipo E: Rilascio Energia per Servizi di Rete

1.4.3.7 Attività di Cantiere

Vista la natura delle opere previste, le attività di cantiere saranno quelle tipiche di un cantiere di tipo edile. In fase di cantiere si prevede di occupare l'area di circa **2.500 m²** di previsto utilizzo per gli impianti in progetto anche in fase di esercizio e alcune aree adiacenti per l'alloggiamento dei materiali e dei macchinari. Le principali attività previste ai fini dell'installazione dei diversi impianti, si presume saranno le seguenti:

- Preparazione dell'area
- Realizzazione della pavimentazione in *CLS*
- Trasporto e posa dei container e delle BESS
- Operazioni di assemblaggio dei diversi impianti
- Montaggio e assemblaggio tubazioni, passerelle e allacciamenti.

Data l'entità e la tipologia delle opere da costruire, si prevede che le attività in fase di cantiere consentano di riutilizzare sul posto la ghiaia ed il limitato volume scavato per la realizzazione della pavimentazione, senza ulteriori obblighi in materia di gestione delle terre da scavo. Le emissioni in atmosfera durante tale fase si prevede siano, nel primo periodo relativo alla preparazione e livellamento dell'area e alla realizzazione delle fondazioni, analoghe a quelle di un cantiere edile, e successivamente trascurabili, quando prevarranno operazioni di assemblaggio e carpenteria. Anche dal punto di vista del rumore, le opere descritte sono associate ad emissioni sonore confrontabili a quelle di un normale cantiere edile, ma caratterizzate da una durata limitata nel tempo.

Il traffico indotto dal trasporto dei materiali e dei rifiuti si prevede sia di entità trascurabile, e non generi impatti sulle diverse componenti ambientali. La durata della fase di costruzione si prevede sarà di alcuni mesi.

3. Previsione della Produzione Energetica

Per la valutazione della prevista produzione di energia elettrica è stato redatto ed allegato al presente progetto definitivo uno specifico studio anemologico del sito dal quale è stato possibile ricavare i risultati della stima condotta per ogni singola turbina e cumulativi dell'intero impianto eolico in progetto (Cfr. **REL0014 - Studio Anemologico del Sito**).

La direzione prevalente del vento nel sito di installazione è risultata essere Nord-Nord-Est (NNE), sia in termini di frequenza che in energia:

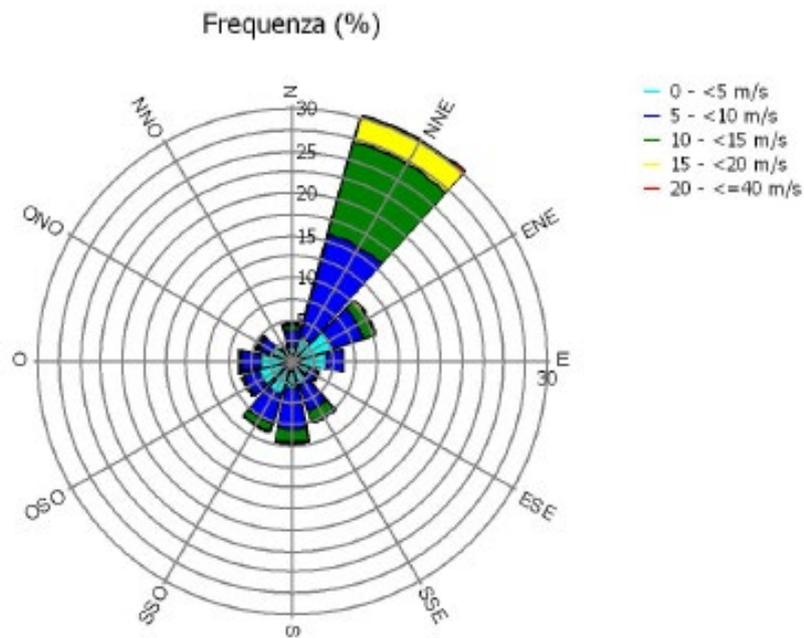


Figura 19 - Rosa dei venti del sito di studio

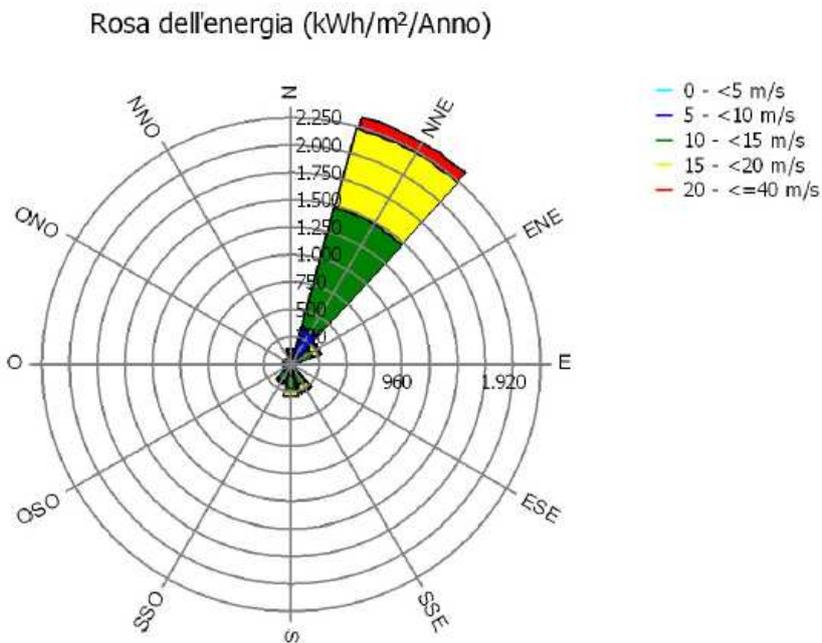


Figura 20 - Rosa dell'energia dei venti del sito di studio



Considerando le incertezze totali si riportano i risultati ottenuti dall'analisi di stima anemologica in termini di Rendimento energetico netto (Net Yield) e di ore equivalenti di pieno carico nette (Full load hours).

Tabella 3 Stima della Producibilità Energetica

WTG	Est [m] WGS83- 32N	Nord [m] WGS83- 32N	Quota [m s.l.m.]	Hmozzo [m]	Prod. LORDA attesa [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	Prod. NETTA attesa [GWh/anno]	Ore eq. [h]
001	240101	4720583	415,2	115	19.733,8	1,1	17,76	2691
002	239164	4720518	406,4	115	20.862,3	2,3	18,776	2845
003	238582	4720610	407,9	115	21.661,8	1,8	19,496	2954
004	237366	4719418	400,0	115	22.326,6	3,5	20,094	3045
005	236844	4718444	393,9	115	22.320,3	6,1	20,088	3044
006	236169	4717403	410,0	115	23.692,9	4,8	21,324	3231
007	236824	4717482	411,1	115	23.183,4	2,6	20,865	3161
TOTALE/MEDIA					153.781,10	3,2	120,643	2996

Si noti che la produzione di energia sopra riportata è la produzione ai morsetti degli aerogeneratori e tiene conto solo delle perdite dovute agli effetti scia tra gli aerogeneratori dell'impianto stesso e quelli operativi in sito, ove presenti, nonché delle perdite dovute alla densità dell'aria del sito.

La produzione netta media complessiva del parco eolico "Poggio del Mulino" è quindi stimata in circa **120,643 GWh/anno**.

Ai fini della determinazione dell'energia effettivamente cedibile alla rete, in questa fase preliminare un'assunzione ragionevole di perdita aggiuntiva dell'impianto è pari al 10%, includendo le perdite relative alla disponibilità dell'impianto (aerogeneratori, B.O.P. e rete), alla performance degli aerogeneratori, perdite elettriche e ambientali ed escludendo potenziali limitazioni. Una valutazione più dettagliata potrà essere effettuata in una fase progettuale più avanzata mediante installazione in sito di un ulteriore anemometro.

4. Criteri di Scelta della Protezione Impiantistica contro i Fulmini

L'efficienza della rete di terra dell'impianto eolico, si può ritenere raggiunta quando, alla presenza delle **massime correnti di corto circuito** legate al sistema elettrico d'alimentazione dell'impianto

stesso, non si determinino **tensioni di contatto e di passo** pericolose per persone all'interno ed alla periferia dell'area interessata. L'efficienza della rete di terra è quindi legata ad una sufficiente capacità di disperdere la corrente di guasto (basso valore di resistenza totale) e ad un'uniformità del potenziale su tutta l'area dell'impianto utilizzatore (tensioni di passo e di contatto, gradienti periferici e differenze di potenziale fra diverse masse metalliche di valore limitato).

L'**impianto di terra** sarà pertanto costituito dalle seguenti parti:

- Un adeguato **dispersore lineare** di collegamento equipotenziale di tutti gli aerogeneratori;
- Un'adeguata **rete di terra** per la cabina di impianto e la stazione di consegna meglio descritta nella relazione tecnica opere elettriche.

La torre in acciaio tubolare di ogni aerogeneratore assicura il percorso naturale delle correnti da fulmine verso terra. Per la dispersione delle stesse si sfruttano le **armature del plinto** di fondazione collegate fisicamente alla torre tramite connessioni realizzate lungo il perimetro di base del tubolare. In prossimità del plinto saranno realizzati idonei dispersori dell'impianto di terra. Tutte le giunzioni e connessioni avverranno in modo da garantire la continuità meccanica ed elettrica.

i progettisti:


ing. Giovanni Guzzo Foliaro
ing. Amedeo Costabile
ing. Francesco Meringolo