

REGIONE PUGLIA
CITTA' METROPOLITANA DI BARI
COMUNE DI RUVO DI PUGLIA

IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 8 WTG DA 7.2 MW,
SISTEMA DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO DELL'ENERGIA
ELETTRICA E OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE

R04

**CALCOLI PRELIMINARI
DEGLI IMPIANTI**

Proponente

RDP

RDP srl
CORSO MONFORTE 2
20122 Milano (MI)
P.IVA 13058670962
rdp.srl.pec@legalmail.it
Legale Rappresentante: Ing. Danilo Lerda

Progetto



STIM ENGINEERING S.r.l.
VIA GARRUBA, 3 - 70121 BARI
Tel. 080.5210232 - Fax 080.5234353
www.stimeng.it - segreteria@stimeng.it

ing. Massimo CANDEO
Ordine Ing. Bari n° 3755
Via Cancellotto, 3
70125 Bari
m.candeo@pec.it
stimdue@stimeng.it
tel. +39 328 9569922

ing. Gabriele CONVERSANO
Ordine ing. Bari n° 8884
via Garruba, 3
70122 Bari
g.conversano@stimeng.it
gabrieleconversano@pec.it
tel. +39 328 6739206

Collaborazione:
ing. Antonio Campanale
ing. Flavia Blasi

Progetto elettrico

ing. Gianluca PANTILE
Ordine Ing. Brindisi n. 803
Via Del Lavoro, 15/D
72100 Brindisi
pantile.gianluca@ingpec.eu
tel. +39 347 1939994
fax +39 0831 548001



Scala N.A. in A4

Marzo 2024	0	PRIMA EMISSIONE	ing. G. Pantile	ing. G. Pantile
Data	Rev.	DESCRIZIONE	Elaborato e controllato da:	Approvato da:

REVISIONI

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	IMPIANTO EOLICO	7
3.1	DESCRIZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI.....	7
3.2	DISTRIBUZIONE ELETTRICA.....	7
4	BESS.....	8
4.1	DESCRIZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI.....	8
4.2	DISTRIBUZIONE ELETTRICA.....	9
5	ANALISI PRESTAZIONALE	10
6	VERIFICA DELLA PORTATA DELLE CONDUTTURE	11
7	PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI.....	12
7.1	DATI DI PROGETTO	12
7.2	VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI TERRA.....	13
7.3	VERIFICA TERMICA E MECCANICA DEL DISPERSORE.....	14
7.4	CALCOLO E VERIFICA DELLA TENSIONE TOTALE DI TERRA U_T	14

1 PREMESSA

La Società **RDP S.r.l.** risulta soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione ed entrata in esercizio di un **IMPIANTO EOLICO della potenza di 57,60 MW** nel Comune di Ruvo di Puglia (BA) integrato da un Sistema di Accumulo dell'energia o **BESS (Battery Energy Storage System) della potenza di 50 MW** nel Comune di Bitonto (BA).

Le previste opere di vettoriamento dell'energia elettrica e le opere di utenza per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), inclusa la necessaria Sottostazione Elettrica Utente (SSEU) di elevazione M.T./A.T., risultano anch'esse ricadenti nei suddetti Comuni.

L'opera nel suo complesso prevede, oltre alla realizzazione dell'impianto eolico e del BESS, anche le opere di utenza e di rete per la connessione alla RTN.

L'impianto sarà connesso in antenna a 150 kV su uno stallo da assegnare su una nuova Stazione Elettrica della RTN a 150 kV (nel seguito "S.E.RTN") da inserire in entra-esce alla linea RTN a 150 kV "Bari Ind.le 2 - Corato" previa realizzazione di ulteriori interventi sulla RTN già contemplati dal Piano di Sviluppo TERNA.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le principali norme a cui si è fatto in generale riferimento, come ad oggi modificate ed integrate, sono le seguenti:

- CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
- CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
- CEI 20-66: Cavi energia con isolamento estruso e loro accessori per tensioni nominali superiori a 36 kV ($U_m = 42$ kV) fino a 150 kV ($U_m = 170$ kV);
- CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- CEI EN 50522 (CEI 99-3) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;

- CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12);
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI EN IEC 62933-1 (2018-10) "Sistemi di accumulo di energia (EES) – Parte 1: Vocabolario" (questa Norma definisce i termini applicabili ai sistemi EES, compresi i termini necessari per la definizione dei parametri unitari, dei metodi di prova, della pianificazione, dell'installazione, degli aspetti di sicurezza e degli aspetti ambientali);
- CEI EN IEC 62933-2-1 (2018-06) "Sistemi di accumulo di energia elettrica (sistemi EES) – Parte 2-1: Parametri unitari e metodi di prova – Specifiche generali" (questa Norma classifica i sistemi EES in base all'applicazione, identifica i parametri unitari e i criteri per valutare le capacità e le prestazioni di un sistema EES e definisce i metodi di prova per la verifica di tali capacità e prestazioni);
- IEC TS 62933-3-1 (2018-08) "Electrical energy storage (EES) systems – Part 3-1: Planning and performance assessment of electrical energy storage systems – General specification" (non recepita CENELEC/CEI) (questa Specifica Tecnica è applicabile ai sistemi EES progettati per l'installazione e il funzionamento in interno o esterno e connessi alla rete. Il documento considera le necessarie funzioni e le capability dei sistemi EES, gli elementi di prova e i metodi di valutazione delle prestazioni, i requisiti per il monitoraggio e l'acquisizione dei parametri operativi di sistema, lo scambio di informazioni e le funzioni di controllo richieste);
- IEC 62933-5-2 "Electrical energy storage (EES) systems – Part 5-2: Safety requirements for grid integrated EES systems – Electrochemical based systems" (questa Norma descrive principalmente gli aspetti di sicurezza relativi alle persone e, dove appropriato, all'ambiente circostante e agli esseri viventi, per i sistemi EES connessi alla rete in cui viene utilizzato un sottosistema di accumulo di tipo elettrochimico. È una Norma di sicurezza applicabile all'intero ciclo di vita di un sistema di accumulo a batteria (BESS), dalla progettazione fino alla gestione a fine vita. Fornisce disposizioni di sicurezza che derivano dall'impiego di un sottosistema di accumulo elettrochimico (per es. batterie) in sistemi ESS, che sono aggiuntive alle considerazioni generali sulla sicurezza descritte nella IEC TS 62933-5-1);

- IEC TS 62933-4-1 (2017) "Electric energy storage system – Part 4-1: Guidance on environmental issues" (non recepita CENELEC/CEI) (questa Specifica Tecnica descrive le problematiche ambientali associate ai sistemi EES e propone linee guida per affrontare gli impatti ambientali "da e verso" i sistemi di accumulo, ivi inclusi quelli sull'uomo dovuti all'esposizione prolungata agli impatti ambientali considerati);
- IEC TS 62933-5-1 (2017-07) "Electrical energy storage (EES) systems – Part 5-1: Safety considerations for grid-integrated EES systems – General specification" (non recepita CENELEC/CEI) (questa Specifica Tecnica tratta gli aspetti di sicurezza quali l'identificazione dei pericoli, la valutazione e la mitigazione dei rischi applicabili ai sistemi EES collegati alla rete elettrica).

Per quel che concerne la SSEU in particolare, tutte le apparecchiature ed i componenti d'impianto saranno conformi alle relative Specifiche Tecniche TERNA S.p.A.. Le opere sono in ogni caso progettate e saranno costruite e collaudate in osservanza alla regola dell'arte dettata, in particolare, dalle più aggiornate:

- disposizioni nazionali derivanti da leggi, decreti e regolamenti applicabili, con eventuali aggiornamenti, con particolare attenzione a quanto previsto in materia antinfortunistica;
- disposizioni e prescrizioni delle Autorità locali, Enti ed Amministrazioni interessate;
- norme CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI in vigore, con particolare attenzione a quanto previsto in materia di compatibilità elettromagnetica.

Per il progetto degli elettrodotti e dell'elettrodotto di collegamento a 150 kV con la Stazione RTN, si è fatto riferimento alle seguenti principali normative come ad oggi integrate e modificate:

- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998:09;
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06;
- CEI 11-17, "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica – Linee in cavo", terza edizione, 2006-07;
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09;
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01;

- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12;
- CEI 106-11, "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo", prima edizione, 2006:02;
- Norma Tecnica IEC 60287 - "Electric cables - Calculation of the current rating";
- Norma Tecnica CEI 20-21:1998-01, ed. seconda - "Calcolo delle portate dei cavi elettrici. Parte 1. In regime permanente (fattore di carico 100%)";
- Norma Tecnica IEC 60583 - "Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 - "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto del Ministero degli interni 24 novembre 1984 - "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale;
- Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 - "Attuazioni direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio" e successive modificazioni;
- Decreto legislativo aprile 2008 n. 81 - "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro";
- Decreto Legislativo 1 agosto 2003, n. 259 - "Codice della comunicazione elettronica";
- Norma Tecnica CEI 304-1:2005-11, ed. Prima - "Interferenze elettromagnetiche prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche. Identificazione dei rischi e limiti di interferenza";
- Ordinanza Ministeriale 20 marzo 2003, n. 3274 s.m.i.;
- Decreto legislativo n. 152 del 03 aprile 2006 - "Testo Unico sull'ambiente" e s.m.i.;
- Unificazione TERNA "Linee in cavo AT" per l'esecuzione degli elettrodotti in cavo interrato;
- UX LK401 Prescrizioni per il progetto elettrico e la progettazione del tracciato dei collegamenti in cavo, ed. 07/2010;
- UX LK411 Prescrizioni per l'esecuzione delle opere civili connesse alla posa dei cavi, ed. 02/2008.

3 IMPIANTO EOLICO

3.1 DESCRIZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI

L'impianto eolico avrà una potenza elettrica complessiva pari a 57,60 MW quale risultante dalla somma delle potenze elettriche dei n. 8 aerogeneratori (WTG) ad asse orizzontale verosimilmente di marca VESTAS modello V-172 ciascuno della potenza di 7,2 MW.

Le valutazioni che seguono sono state dunque condotte sulla base del dato di potenza del singolo aerogeneratore pari a 7,2 MW.

L'impianto eolico è stato organizzato secondo la seguente architettura:

- un GRUPPO DI GENERAZIONE 1 di potenza pari a 28,8 MW, associato ad una Cabina di Sezionamento 1 (CS1) alla quale risultano collegati, separatamente:
 - l'aerogeneratore WTG01 quale collettore del cluster WTG02 - WTG01;
 - l'aerogeneratore WTG03;
 - l'aerogeneratore WTG04;
- un GRUPPO DI GENERAZIONE 2 di potenza pari a 28,8 MW, associato ad una Cabina di Sezionamento 2 (CS2) alla quale risultano collegati, separatamente:
 - l'aerogeneratore WTG05;
 - l'aerogeneratore WTG06;
 - l'aerogeneratore WTG07;
 - l'aerogeneratore WTG08.

Le CS sono collegate separatamente alla SSEU tramite due elettrodotti di vettoriamento a 30 kV.

3.2 DISTRIBUZIONE ELETTRICA

In relazione all'architettura elettrica dell'impianto eolico, come evincesi dall'Elaborato T30 "SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE IMPIANTO EOLICO E BESS", sono state progettate le seguenti opere di distribuzione elettrica in M.T.:

- Elettrodotto E2 relativo alla Tratta WTG02 – WTG01, di 1063 metri, per il collegamento dell'aerogeneratore 02 all'aerogeneratore 01, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 7,2 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 3x1x95 mm²;
- Elettrodotto E1 relativo alla Tratta WTG01 – CS1, di 3606 metri, per il collegamento dell'aerogeneratore 01 alla CS1, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 14,4 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 3x1x300 mm²;

- Elettrodotto E3 relativo alla Tratta WTG03 – CS1, di 1517 metri, per il collegamento dell'aerogeneratore 03 alla CS1, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 7,2 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 3x1x150 mm²;
- Elettrodotto E4 relativo alla Tratta WTG04 – CS1, di 255 metri, per il collegamento dell'aerogeneratore 04 alla CS1, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 7,2 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 3x1x95 mm²;
- Elettrodotto E5 relativo alla Tratta WTG05 – CS2, di 3779 metri, per il collegamento dell'aerogeneratore 05 alla CS2, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 7,2 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 3x1x185 mm²;
- Elettrodotto E6 relativo alla Tratta WTG06 – CS2, di 3715 metri, per il collegamento dell'aerogeneratore 06 alla CS2, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 7,2 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 3x1x185 mm²;
- Elettrodotto E7 relativo alla Tratta WTG07 – CS2, di 1087 metri, per il collegamento dell'aerogeneratore 07 alla CS2, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 7,2 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 3x1x95 mm²;
- Elettrodotto E8 relativo alla Tratta WTG08 – CS2, di 190 metri, per il collegamento dell'aerogeneratore 08 alla CS2, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 7,2 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 3x1x95 mm²;
- Elettrodotto V1 relativo alla Tratta CS1 - SSEU, di 18615 metri, per il collegamento della CS1 alla SSEU, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 28,80 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 2x(3x1x630) mm²;
- Elettrodotto V2 relativo alla Tratta CS2 - SSEU, di 12453 metri, per il collegamento della CS2 alla SSEU, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 28,80 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 2x(3x1x630) mm².

4 BESS

4.1 DESCRIZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI

Il BESS ha una potenza di 50 MW ed è costituito da n. 96 Cabine Storage del tipo container di marca SUNGROW, modello ST5015kWh PowerTitan 2.0 Liquid Cooled Energy Storage System con batterie LFP da 5015 kWh di capacità nominale e sistemi di raffreddamento a liquido e di soppressione degli incendi (FSS). Ciascuna delle n. 96 Cabine Storage erogherà una potenza di 520,833 kW.

Ciascuna delle n. 96 Cabine è equipaggiata con il relativo parco batterie ed il relativo inverter che fornisce una tensione in uscita in c.a. di 690 V. Esse sono distribuite in n. 4 BESS Unit (BESS 1, 2, 3, 4) ciascuna da n. 24 Cabine Storage suddivise in n. 3 Energy Station ciascuna da n. 8 Cabine. A ciascuna Energy Station da n. 8 Cabine Storage risulta associata una cabina di trasformazione (MV-Skid) di marca SUNGROW, modello MVS5000-LV PowerTitan 2.0 MVS Liquid Cooling Energy Storage System equipaggiata con una trasformatore da 5140 kVA, controller di sistema ed altri dispositivi ausiliari, in grado di operare la trasformazione B.T./M.T. desiderata, ossia 0,69/30 kV.

4.2 DISTRIBUZIONE ELETTRICA

In relazione all'architettura elettrica del BESS, come evincesi dall'Elaborato T30 "SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE IMPIANTO EOLICO E BESS", sono state progettate le seguenti opere di distribuzione elettrica in M.T.:

- Elettrodotto 1.A di collegamento tra MVS1.1 e MVS1.2 mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 4,166 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 20 metri;
- Elettrodotto 1.B di collegamento tra MVS1.2 e MVS1.3 mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 8,33 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 20 metri;
- Elettrodotto B1 di collegamento tra MVS1.3 e Quadri M.T. in Edificio Utente del BESS, mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 12,50 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x185 mm² per una tratta di circa 63 metri;
- Elettrodotto 2.A di collegamento tra MVS2.1 e MVS2.2 mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 4,166 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 20 metri;
- Elettrodotto 2.B di collegamento tra MVS2.2 e MVS2.3 mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 8,33 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 20 metri;
- Elettrodotto B2 di collegamento tra MVS2.3 e Quadri M.T. in Edificio Utente del BESS, mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 12,50 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x185 mm² per una tratta di circa 40 metri;

- Elettrodotto 3.A di collegamento tra MVS3.1 e MVS3.2 mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 4,166 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 20 metri;
- Elettrodotto 3.B di collegamento tra MVS3.2 e MVS3.3 mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 8,33 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 20 metri;
- Elettrodotto B3 di collegamento tra MVS3.3 e Quadri M.T. in Edificio Utente del BESS, mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 12,50 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x185 mm² per una tratta di circa 63 metri;
- Elettrodotto 4.A di collegamento tra MVS4.1 e MVS4.2 mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 4,166 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 20 metri;
- Elettrodotto 4.B di collegamento tra MVS4.2 e MVS4.3 mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 8,33 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x95 mm² per una tratta di circa 20 metri;
- Elettrodotto B4 di collegamento tra MVS4.3 e Quadri M.T. in Edificio Utente del BESS, mediante elettrodotto interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 12,50 MW, in cavo tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – alluminio - 3x1x185 mm² per una tratta di circa 40 metri;
- Elettrodotto V3 relativo alla Tratta BESS – SSEU, di 40 metri, per il collegamento dai Quadri M.T in Edificio Utente del BESS ai Quadri M.T. in Edificio Utente della SSEU, interrato con tensione di esercizio 30 kV e potenza in transito pari a 50,00 MW, in cavo ARE4H5(AR)E 18/30 kV – 3x(3x1x630) mm².

5 ANALISI PRESTAZIONALE

Il progetto del sistema elettrico a 30 kV è stato elaborato, sia per la distribuzione elettrica in M.T. relativa all’impianto eolico che per quella relativa al BESS, con l’intento di assicurare una adeguata funzionalità e flessibilità di esercizio e di ridurre, nel contempo, le perdite dell’impianto entro valori accettabili.

In effetti, la soluzione progettata permette di stimare, per l’intero sistema in M.T., una caduta di tensione massima del 3,04%.

E' possibile altresì stimare una perdita di potenza complessiva dell'1,16% risultante da una perdita di potenza stimata per l'impianto eolico (rispetto alla propria potenza) del 2,16% e da una perdita di potenza stimata per il BESS (rispetto alla propria potenza) dello 0,01%.

Per le condutture in cavo in M.T. a 30 kV, salvo casi di attraversamenti particolari, la posa direttamente interrata avverrà ad una profondità media di 1,1 metri utilizzando cavi del tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV in alluminio. Lungo tutti gli scavi che ospitano le condutture in M.T. a 30 kV relative alla distribuzione interna tra aerogeneratori e Cabine di Sezionamento, è prevista la posa di una corda in rame nudo da 35 mm² per il collegamento degli anelli di terra degli aerogeneratori agli anelli di terra delle Cabine di Sezionamento. Ciascuna Cabina di Sezionamento avrà un anello di terra realizzato mediante posa in scavo, lungo il suo perimetro, di corda di rame nudo da 50 mm² con n. 4 dispersori verticali in acciaio, posti ai vertici, della lunghezza di 1,5 metri e sezione 50 mm². Gli anelli di terra delle Cabine di Sezionamento potranno poi essere collegati alla rete di terra della SSEU mediante gli schermi dei cavi M.T..

Per quel che riguarda il BESS, la posa direttamente interrata avverrà ad una profondità media di 1,1 metri utilizzando cavi del tipo ARE4H5(AR)E 18/30 kV in alluminio. Lungo tutti gli scavi che ospitano le condutture in M.T. a 30 kV internamente all'area del BESS, è prevista la posa di una corda in rame nudo da 35 mm² per il collegamento degli anelli di terra delle Cabine Storage e delle cabine di trasformazione. Tali anelli di terra verranno realizzati mediante posa in scavo, lungo il perimetro, di corda di rame nudo da 50 mm² con n. 4 dispersori verticali in acciaio, posti ai vertici, della lunghezza di 1,5 metri e sezione 50 mm². Essi potranno poi essere collegati alla rete di terra della SSEU direttamente mediante corda di rame nudo da 63 mm².

6 VERIFICA DELLA PORTATA DELLE CONDUTTURE

Nelle tabelle che seguono, nelle quali I_b è la corrente di impiego della conduttura ed I_z la portata in corrente della conduttura stessa, sono state confrontate, per ogni singola linea, la portata della conduttura calcolata tenendo conto della tipologia di posa, con la corrente di impiego della conduttura stessa.

Dai dati riportati nelle tabelle si evince chiaramente che le condutture sono correttamente dimensionate per sopportare le relative correnti di impiego.

Si precisa che questi dati sono riferiti al funzionamento dell'impianto eolico e del BESS a piena potenza (potenza nominale). In sede di progettazione esecutiva saranno eseguiti i calcoli di dettaglio di "LOAD FLOW" e delle correnti di corto circuito.

Impianto eolico:

Elettrodotto	Sezione cavi [mmq]	Ib [A]	Iz [A]	Verifica Ib<Iz
E1	3 x 1 x 300	277,00	350,00	ok
E2	3 x 1 x 95	139,00	189,00	ok
E3	3 x 1 x 150	139,00	238,00	ok
E4	3 x 1 x 95	139,00	189,00	ok
V1	3x(2x1x630)	554,00	1.030,00	ok
E5	3 x 1 x 185	139,00	269,00	ok
E6	3 x 1 x 185	139,00	269,00	ok
E7	3 x 1 x 95	139,00	189,00	ok
E8	3 x 1 x 95	139,00	189,00	ok
V2	3x(2x1x630)	554,00	1.030,00	ok

BESS:

Elettrodotto	Sezione cavi [mmq]	Ib [A]	Iz [A]	Verifica Ib<Iz
1.A	3 x 1 x 95	80,00	189,00	ok
1.B	3 x 1 x 95	160,00	189,00	ok
B1	3 x 1 x 185	240,00	269,00	ok
2.A	3 x 1 x 95	80,00	189,00	ok
2.B	3 x 1 x 95	160,00	189,00	ok
B2	3 x 1 x 185	240,00	269,00	ok
3.A	3 x 1 x 95	80,00	189,00	ok
3.B	3 x 1 x 95	160,00	189,00	ok
B3	3 x 1 x 185	240,00	269,00	ok
4.A	3 x 1 x 95	80,00	189,00	ok
4.B	3 x 1 x 95	160,00	189,00	ok
B4	3 x 1 x 185	240,00	269,00	ok
V3	3x(3x1x400)	962,00	1.197,00	ok

7 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

7.1 DATI DI PROGETTO

Il nostro sistema M.T. con tensione nominale 30 kV con neutro isolato è caratterizzato da:

- valore della corrente di guasto a terra, calcolato in base alla norma CEI 11-8, pari a 468 A ;
- durata del guasto a terra, da impostare nella programmazione delle protezioni, pari a 0.5 s.

Dai dati iniziali sopra riportati, applicando il metodo di calcolo riportato nell'Allegato A alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3), si ottiene:

- Tensione di contatto ammissibile $U_{tp}=220$ V (Tabella B.3);
- Impedenza totale del corpo umano $Z_t=1225$ ohm (Tabella B.2);

- Limite di corrente nel corpo umano $I_b = 267 \text{ mA}$;
- Fattore cardiaco $HF = 1$ relativo al contatto mano-piedi;
- Fattore corporeo $BF = 0.75$ relativo al contatto mano-piedi;
- Impedenza del corpo $Z_T = 1000 \text{ ohm}$;
- Resistenza aggiuntiva della mano $R_H = 0 \text{ ohm}$ (non considerata);
- Resistenza aggiuntiva dei piedi $R_{F1} = 1000 \text{ ohm}$, relativa a scarpe vecchie ed umide;
- Resistività del terreno prossimo alla superficie $\rho_S = 100$ relativa a terreno vegetale.

Da questi dati, è possibile calcolare una Tensione di contatto ammissibile a vuoto $U_{vTp} = 507 \text{ V}$. Si precisa, comunque, che il progetto della rete di terra non può ricondursi alla semplice risoluzione di un problema matematico, a causa dei numerosi e non univocamente determinati parametri da prendere in considerazione, quali ad esempio:

- resistività del terreno non omogenea, né in direzione verticale né in direzione orizzontale;
- presenza di dispersori naturali che alterano in modo non prevedibile il campo elettrico in superficie;
- tipo di pavimentazione e sua finitura;
- umidità del terreno e condizioni ambientali durante le operazioni di verifica strumentale;
- manufatti e reti di terra altrui, nelle immediate vicinanze.

7.2 VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI TERRA

L'impianto di dispersione di ognuno dei n. 8 aerogeneratori sarà costituito da un doppio anello ciascuno di forma circolare con quello più esterno di raggio 25,00 m. Ciascuno dei due anelli di terra circolari risulta integrato da n. 8 picchetti verticali di lunghezza pari a 4 m cadauno.

Tali impianti, in condizioni normali di esercizio, saranno collegati tra loro, attraverso la corda di rame da 35 mm^2 che corre lungo gli elettrodotti, pertanto tali impianti di dispersione verranno considerati in parallelo. I valori della resistenza di terra associabili ad ognuno dei dispersori sono i seguenti:

- resistenza dell'anello circolare esterno: $3,02 \text{ } \Omega$;
- resistenza di ognuno dei n. 8 picchetti verticali: $14,52 \text{ } \Omega$ (questi, messi in parallelo determinano complessivamente una resistenza di terra pari a $1,82 \text{ } \Omega$);

Pertanto, considerando il contributo complessivo dei dispersori associati ad ogni turbina otterremo una resistenza di terra pari a $R_t = 1,36 \text{ } \Omega$. Considerando che tali impianti risultano collegati in parallelo, la resistenza verso terra complessiva sarà pari a $R_t = 1,36/8 = 0,17 \text{ } \Omega$.

7.3 VERIFICA TERMICA E MECCANICA DEL DISPERSORE

Sezione minima per garantire la resistenza meccanica ed alla corrosione

Il dispersore orizzontale è costituito da corda di rame nudo, per cui ai sensi dell'Allegato C alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) dovrà avere una sezione minima di 25 mm².

Per la protezione contro la corrosione è necessario utilizzare materiali tali che il loro contatto non generi coppie elettrolitiche.

Dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra

Per effettuare il dimensionamento termico del dispersore si utilizza la formula presente nell'Allegato D alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3), tenendo presente che secondo quanto riportato nell'art.5.3, è possibile ripartire la corrente di guasto tra diversi elementi del dispersore.

Secondo tali calcoli per disperdere la corrente di guasto è necessaria una corda di sezione circa 2 mm². Le sezioni utilizzate partono da 35 mm² per cui soddisfano entrambe le condizioni con sufficiente margine di sicurezza.

7.4 CALCOLO E VERIFICA DELLA TENSIONE TOTALE DI TERRA U_T

Per tale impianto, la tensione totale di terra U_t risulta pari a 79,48 V. Considerando che per tale sistema la tensione massima ammissibile è U_{tp} = 220 V, il valore calcolato risulta essere inferiore, pertanto l'impianto di terra e le relative protezioni, risultano essere idonee alla protezione dai contatti indiretti delle persone, ai sensi della normativa vigente.

Resta inteso che una volta realizzato l'impianto, per valutarne l'efficacia, si rende necessaria una misura in campo eseguita da professionista abilitato.