




REGIONE SICILIANA
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI
COMUNI DI CALATAFIMI SEGESTA E GIBELLINA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DI POTENZA PARI A
 $P_n = 75,4 \text{ MW}$ ($P_i = 72 \text{ MW}$), SU TERRENO SITO NEL COMUNE DI CALATAFIMI SEGESTA (TP)
IN CATASTO AI FG. 94 P.LLE 246, 247, 368, 248, 340, 411, AL FG. 99 P.LLE 93, 92, 3, AL FG. 107 P.LLE
7, 15, 16, 123, 209, 208, 54, 206, AL FG. 104 P.LLE 4, 49, 33, 156, 157, AL FG. 106 P.LLE 93, 86, 23, 94,
AL FG. 107 P.LLA 44, AL FG. 105 P.LLA 128, AL FG. 115 P.LLE 192, 136, 281, 66, 208, AL FG. 117 P.LLE
38, 28, E AL FG. 98 P.LLE 468, 463, 469, 470, 471 E ALTRE AFFERENTI ALLE OPERE DI RETE NEI
COMUNI DI CALATAFIMI SEGESTA E GIBELLINA (TP)

Timbro e firma del progettista Capital Engineering snc Ing. Vincenzo Massaro   Capital Engineering snc Ing. Salvatore Li Vigni 	Timbri autorizzativi
--	----------------------

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO							
Livello prog.	ID Terna S.p.A.	Tipo Elabor.	N.ro Elabor.	Project ID	NOME FILE	DATA	SCALA
PDef	202100949	Relazione	02	CANICHIDDEUSI	CANICCHIDEUSI Rel. Tecnica Descrittiva del 09 12 2022.docx	14.12.2022	-
REVISIONI							
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
Rev.00	14.12.2022	Prima emissione			MC	MTM	VM

IL PROPONENTE CANICHIDDEUSI WIND SRL Sede legale: Corso di Porta Vittoria, 9 - 20122 - Milano PEC: canichiddeusiwind@mailcertificata.net P.IVA 12673200965	PROGETTO DI  Capital Engineering S.n.c. Sede legale: Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo e-mail: info@capitalengineering.it SU INCARICO DI  Grounded Clean Ventures Coolbine S.r.L. Sede legale: Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo e-mail: progettazione@coolbine.it
---	--

Somario

1. Scopo del documento.....	2
2. Caratteristiche e finalità del progetto	2
2.1 Riferimenti legislativi e normative.....	8
2.2 Aerogeneratori e cabine a base torre.....	11
2.3 Cabina di Parallelo e Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV.....	17
2.4. Descrizione cavidotti 30kV e cavidotto 36kV.....	17
2.5 Servizi ausiliari d’impianto.....	19
2.6 Fabbricati Tecnologici e cabine elettriche	19
2.7 Criteri di dimensionamento	20
2.7.1. Criterio termico	20
2.7.2 Caduta di Tensione	22
2.8 Fasce di rispetto e calcolo distanza di prima approssimazione	23
2.8.1 Definizioni.....	23
2.8.2 Valutazione all'esposizione al campo magnetico e valutazione delle distanze di prima approssimazione (DPA) da elettrodotti	23
2.9 Recinzione.....	24
3. Protezione contro i contatti diretti e indiretti	25
3.1 Contatti diretti.....	25
3.2 Contatti indiretti	25
4. Impianto di terra.....	25
5. Rischio di incendi negli impianti eolici.....	27

1. Scopo del documento

Il presente documento ha lo scopo di fornire una descrizione tecnica del progetto per la realizzazione di un impianto eolico per la generazione di energia elettrica attraverso l'utilizzo della fonte eolica. In particolare, l'iniziativa prevede la realizzazione di un impianto eolico denominato "Canichiddeusi" da installare distribuendo le opere di impianto su più lotti di terreno nella disponibilità della società proponente. L'impianto eolico sarà costituito da n.13 aerogeneratori, di cui 12 con potenza nominale di 6MW (nel seguito anche detti di tipo CAN B) e uno con potenza nominale di 3,4MW (nel seguito anche detti di tipo CAN A), per una potenza in immissione di 72 MW e potenza nominale complessiva pari a 75,4 MW.

2. Caratteristiche e finalità del progetto

La società Canichiddeusi Wind S.r.L. propone la realizzazione di un impianto eolico che si sviluppa tra i comuni di Calatafimi Segesta e Gibellina, entrambi in provincia di Trapani. Più nel dettaglio:

- Gli aerogeneratori e le loro opere civi (strade di accesso e piazzole), accessorie ed elettriche saranno realizzati nel comune di Calatafimi Segesta, tra le contrade Canichiddeusi, Zaccanelli, Furna-Zaccanelli, Valle e Lagani;
- L'impianto di utenza (a cura della società proponente) si svilupperà tra i comuni di Calatafimi Segesta e Gibellina;
- L'impianto di rete (a cura del gestore di rete Terna S.p.A.), interesserà il comune di Gibellina.

L'impianto eolico "Canichiddeusi" sarà composto dalle seguenti componenti:

- n.1 aerogeneratore da 3400kW (tipo CAN A) con annesse, all'interno o nella cabina a base torre, tutte le apparecchiature di macchina;
- n.12 aerogeneratori da 6000kW (tipo CAN B) con annesse, all'interno o nella cabina a base torre, tutte le apparecchiature di macchina;
- una cabina di parallelo,
- una cabina di trasformazione utente 30/36kV;
- un sistema di cavidotti MT a 30kV interrati per il collegamento interno fra le cabine a base torre degli aerogeneratori, fra queste cabine e la cabina di parallelo e fra quest'ultima e la cabina di trasformazione utente 30/36kV;
- gruppi di Misura (GdM) dell'energia prodotta e dell'energia immessa e prelevata dalla rete, a loro volta costituiti dagli Apparecchi di Misura (AdM) e dai trasduttori di tensione (TV) e di corrente (TA);
- apparecchiature elettriche di protezione e controllo BT, MT ed altri impianti e sistemi che rendono possibile il sicuro funzionamento dell'intera installazione e le comunicazioni al suo interno e verso il mondo esterno, in gran parte installati all'interno della Cabina di Parallelo e della Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV;
- apparecchiature di protezione e controllo dell'intera rete MT;
- opere civili (strada di accesso, piazzole a servizio degli aerogeneratori, etc);

- impianto di utenza a cura del proponente costituito da un sistema di cavi interrati a 36kV di vettoriamento dell'energia prodotta dagli aerogeneratori alla RTN dalla cabina di trasformazione utente 30kV/36kV allo stallo dedicato a 36kV da realizzare nella nuova SE 220/36kV della RTN;
- impianto di rete (a cura di Terna S.p.A.) come da soluzione tecnica proposta dal Gestore di Rete, e accettata formalmente in data 30/06/2022, che prevede la realizzazione di una nuova sezione (o stallo) arrivo produttore a 36kV della Stazione Elettrica (SE) a 220/36kV della RTN, la quale sarà inserita in entra-esce sulla linea RTN a 220kV "Partinico - Partanna".

Gli aerogeneratori, con le loro cabine a base torre, le loro opere accessorie e di connessione saranno installati all'interno di più lotti di terreno nella disponibilità del proponente, nelle località Canichiddeusi, Zaccanelli, Furna-Zaccanelli, Valle e Lagani. Tali lotti di terreno definiscono l'area di installazione dei singoli aerogeneratori, delle cabine a base torre di ciascun aerogeneratore e l'area delle cabine di trasformazione utente 30/36kV. Inoltre, gli stessi lotti di terreno saranno collegati tra di loro tramite la viabilità esistente, eventualmente da migliorare o da ripristinare, o da viabilità di nuova realizzazione.

I dati di riferimento catastali e le coordinate degli aerogeneratori e della cabina di trasformazione Utente 30/36kV costituenti l'impianto sono mostrati nella seguente Tabella 2.1 (si vedano Fig. 2.1 e 2.2, e gli elaborati di progetto ""Tav.02 Inquadramento su CTR", "Tav.03 Inquadramento su ortofoto" e "Tav.04 Inquadramento su Stralcio Catastale"):

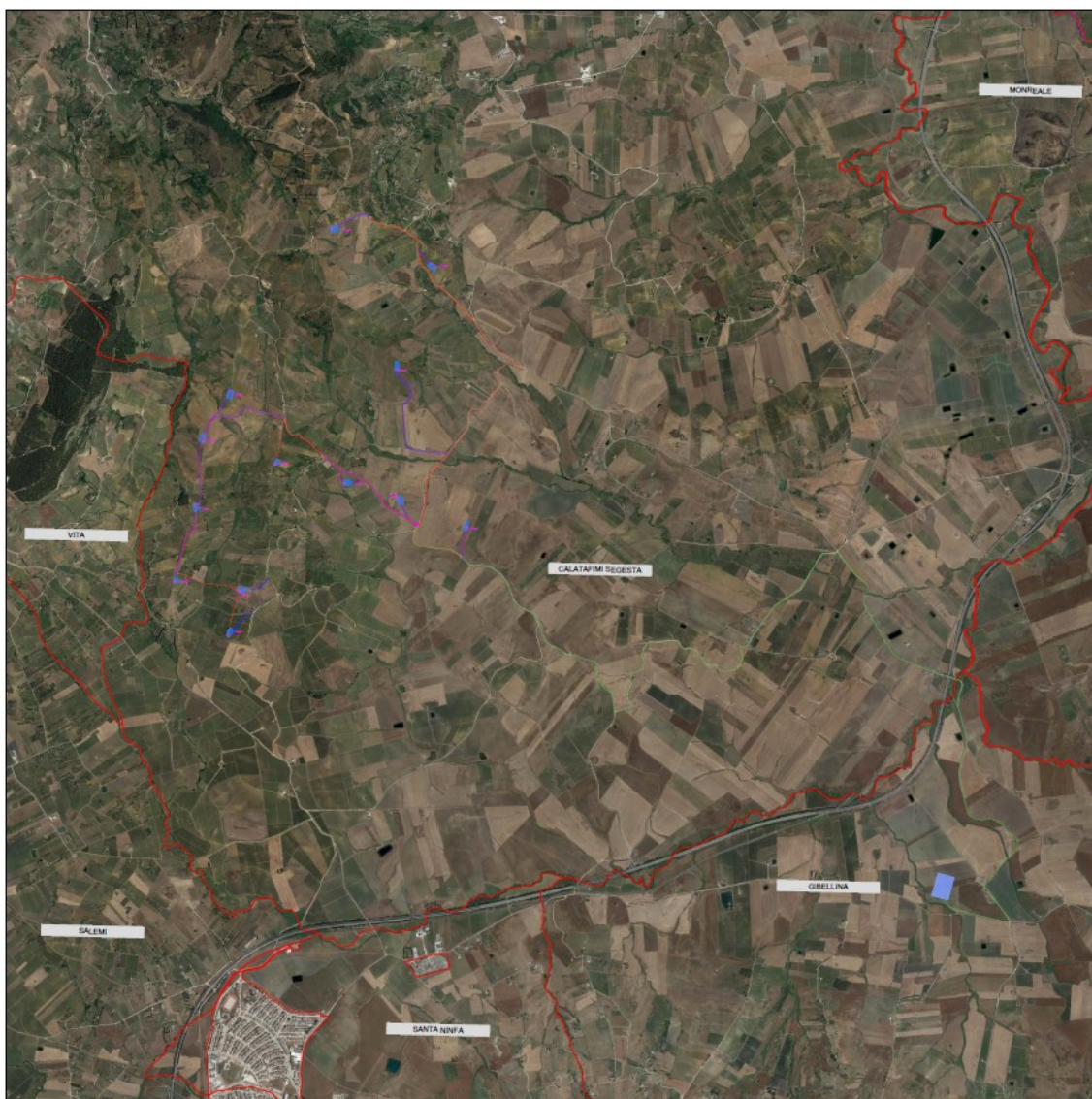
Aerogeneratore	Coordinate geografiche	Comune	Foglio catastale	Particelle nella disponibilità del proponente
CAN_01	37°52'48.46"N - 12°52'34.87"E	Calatafimi Segesta	94	246, 247, 368, 248, 340, 411
CAN_02	37°52'37.76"N - 12°53'14.01"E		99	93, 92, 3
CAN_03	37°52'7.18"N - 12°53'0.77"E		107	7, 15, 16, 123, 209, 208, 54, 206
CAN_04	37°51'38.43"N - 12°52'16.01"E		104	4, 49
CAN_05	37°51'25.62"N - 12°51'46.19"E		104	33
CAN_06	37°51'33.00"N - 12°52'41.84"E		106	93, 86, 23, 94
CAN_07	37°51'29.10"N - 12°53'1.85"E		107	44
CAN_08	37°51'2.88"N - 12°51'39.36"E		105	128
CAN_09	37°51'0.55"N - 12°52'3.63"E		115	192, 136
CAN_10	37°50'47.30"N - 12°51'59.81"E		115	281, 66, 208
CAN_11	37°51'21.01"N - 12°53'28.01"E		117	38, 28
CAN_12	37°51'59.65"N - 12°51'58.25"E		98	468, 463
CAN_13	37°51'44.64"N - 12°51'48.84"E		98	469, 470, 471
		104	156, 157	
Area cabine di trasformazione utente 30 kV/36 kV	37°51'21.63"N - 12°53'9.61"E		107	44

Tab.2.1 - Informazioni geografiche e catastali



- Area di impianto nella disponibilità del proponente
- Viabilità esistente da migliorare
- Viabilità di accesso all'impianto
- Aerogeneratore
- Proiezione aerea pale aerogeneratore
- Piazzola definitiva Aerogeneratore
- Cavidotto MT 30 kV
- Cavidotto 36 kV
- Area cabina di trasformazione utente 30kV/36kV

Fig.2.1 – Inquadramento su stralcio catastale



- Viabilità esistente da migliorare
- Viabilità di accesso all'impianto
- ⊙ Aerogeneratore
- Piazzola definitiva Aerogeneratore
- Cavidotto MT 30 kV
- Cavidotto 36 kV
- Area cabina di trasformazione utente 30kV/36kV
- Stazione Elettrica RTN
- Limiti comunali

Fig. 2.2 - Localizzazione geografica dell'impianto

I dati catastali inerenti all'intero progetto dell'impianto eolico "Canichiddeusi" sono descritti negli elaborati "Rel.13 Piano Particellare di Esproprio Descrittivo" e "Tav.21 Piano particellare di esproprio geometrico".

In ottemperanza alle procedure poste in essere, è stata sottoposta al gestore di rete Terna S.p.A., per l'impianto in oggetto, formale istanza di allacciamento alla RTN al fine di valutarne la fattibilità tecnica. In data 07/03/2022 e con Codici Pratica 202100949 è stata ottenute da Terna S.p.A. la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) di cui si riporta di seguito un estratto (si veda l'elaborato di progetto "Rel.08 Preventivo di connessione e accettazione soluzione tecnica di allaccio").

La soluzione Tecnica Minima Generale per Voi elaborata prevede che la Vs. centrale venga collegata in antenna a 36 kV con una nuova stazione elettrica (SE) a 220/36kV della RTN, da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 220kV "Partinico – Partanna".

A seguito della STMG ricevuta e accettata formalmente dalla società proponente Canichiddeusi Wind S.r.L. in data 30/06/2022, è stata elaborata la seguente soluzione tecnica.

In ogni aerogeneratore, l'energia prodotta dal generatore in corrente alternata sarà convogliata alla cabina posta a base torre di ciascun aerogeneratore, previo adattamento delle caratteristiche elettriche di tensione e frequenza per il tramite di un convertitore CA/CA e di un trasformatore innalzatore.

Dalla cabina a base torre, tramite un sistema di cavidotti MT interrati a 30kV, l'energia verrà convogliata alla Cabina di Parallelo posta nell'area individuata come "Area Cabine di Trasformazione 30/36kV". Si precisa che ogni cabina a base torre potrà essere connessa alla cabina di parallelo in maniera diretta oppure, l'energia prodotta dal singolo aerogeneratore, potrebbe essere convogliata ad una o più cabine poste a base torre degli altri aerogeneratori e cumulata con l'energia prodotta da questi prima di essere convogliata alla cabina di parallelo, in virtù della posizione geografica e del percorso del cavidotto MT che è stato progettato.

Per una migliore comprensione, nella seguente figura è mostrato lo schema a blocchi delle interconnessioni tra i differenti aerogeneratori.

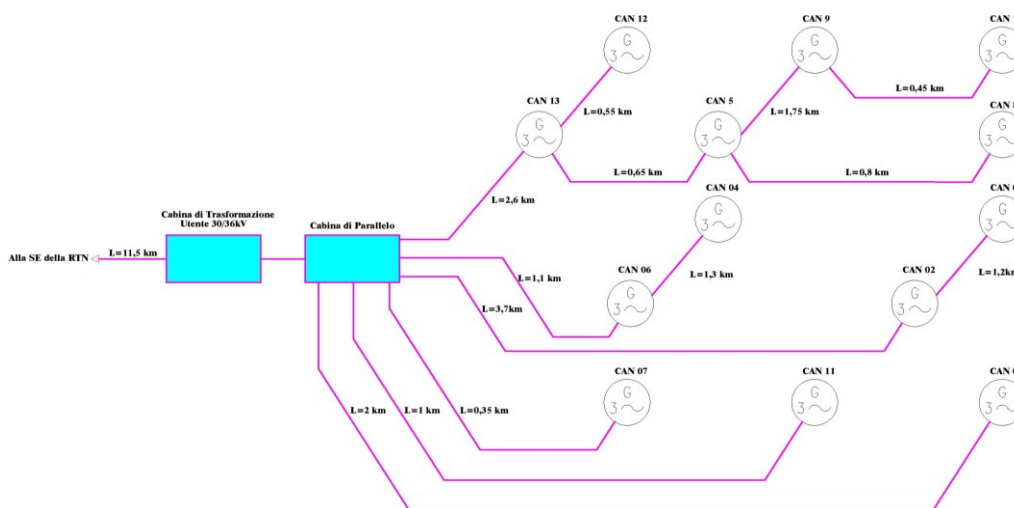


Figura 2.3 - Schema a blocchi delle connessioni

Come si può notare, ad esempio, l'energia prodotta dall'aerogeneratore CAN 10 dopo essere stata convogliata alla propria cabina posta a base torre, verrà convogliata alla cabina a base torre dell'aerogeneratore CAN 09. Da questa cabina, l'energia prodotta dall'aerogeneratore CAN 09 cumulata a quella prodotta dall'aerogeneratore CAN 10, verrà convogliata alla cabina a base torre dell'aerogeneratore CAN 05. Così, l'energia prodotta dall'aerogeneratore CAN 05, cumulata all'energia prodotta dagli aerogeneratori CAN 09, CAN 10 e quella proveniente dall'aerogeneratore CAN 08 sarà convogliata alla cabina a base torre dell'aerogeneratore CAN 13. Da questa, con lo stesso principio, l'energia prodotta dall'aerogeneratore CAN 13 cumulata a quella prodotta dagli aerogeneratori CAN 05, CAN 08, CAN 09, CAN 10 e CAN 12 sarà convogliata alla Cabina di Parallelo. Con la stessa logica si sviluppano le connessioni tra la cabina di parallelo e i restanti aerogeneratori.

Dunque, dalla Cabina di Parallelo, l'energia prodotta dall'intero impianto eolico verrà convogliata alla Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV. In questa cabina, posta nell'area Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV, avverrà l'innalzamento del livello di tensione da 30 a 36kV tramite l'utilizzo di due trasformatori 30/36kV aventi taglia prevista di 50MVA ciascuno.

Infine, per mezzo di un sistema di cavidotti interrati a 36kV di lunghezza pari a circa 11,5 km, dalla cabina di Trasformazione Utente 30/36kV, l'energia verrà convogliata alla sezione a 36kV della nuova Stazione Elettrica (SE) a 220/36 kV della RTN localizzata nel comune di Gibellina.

Si specifica che le opere elettriche a monte del nuovo stallo a 36kV della nuova SE 220/36 kV, sia esse civili che elettriche, saranno realizzate a cura del proponente.

L'impianto di rete per la connessione svolge servizio di pubblica utilità: a termine della vita utile dell'impianto di produzione, l'impianto di rete per la connessione non verrà smantellato.

TITOLARIETA' PROGETTO	
IMPIANTI	Canichiddeusi
COMUNI	Calatafimi Segesta – Gibellina (TP)
PROPONENTE	Canichiddeusi Wind S.r.L.
IMPIANTO DI PRODUZIONE	Terna S.p.A.
OPERE DI RETE	Terna S.p.A.
AUTORIZZAZIONE ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE	Canichiddeusi Wind S.r.L.
AUTORIZZAZIONE ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DELLE OPERE DI RETE	Canichiddeusi Wind S.r.L.
COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DELLE OPERE DI RETE	Terna S.p.A.

Tab.2.2 – Titolarità del progetto

2.1 Riferimenti legislativi e normative

La normativa e le leggi di riferimento che regolamentano le attività di progettazione e costruzione sono:

- Piano Regolatore Generale: il Comune di *Calatafimi Segesta* con nota prot. n. 3810 del 15/02/2022 ha presentato istanza per l'avvio della procedura di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) – Fase di Scoping e Valutazione di Incidenza Ambientale del Piano/Programma denominato “Piano Regolatore Generale del comune di Calatafimi Segesta”, il cui schema di massima è stato già approvato con delibera di consiglio n. 12 del 13/03/2019. La prima fase della procedura di VAS (fase di Scoping) è stata conclusa in data 31/10/2022 con la trasmissione della nota prot. n. 17169 da parte dell'Assessorato del Territorio e dell'Ambiente – Dipartimento dell'Urbanistica – Servizio 1 Procedure VAS e Verifiche di Assoggettabilità;
- DM 10 settembre 2021 “Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati a fonti rinnovabili”;
- Decreto Presidenziale Regione Sicilia 18 luglio 2012 n.48 “Regolamento recante norme di attuazione dell'art.105, comma 5, della legge regionale 12 maggio 2010 n. 11”;
- Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche: il sito in questione rientra fra le zone dichiarate sismiche ai sensi del secondo comma dell'art. 3 Legge 2/02/1974 n° 64 e NTC 2008;
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 - Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità;
- D.Lgs.81/08: Per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- D.Lgs.37/08: Per la sicurezza elettrica;
- Delibera AEEG N.99/08: “Testo integrato delle connessioni attive – TICA” Guida e-distribuzione S.p.A. Dicembre 2009: “Guida per le Connessioni alla rete elettrica di e-distribuzione S.p.A.”;
- Deliberazione n.280/07: Modalità e condizioni tecnico-economiche per il ritiro dell'energia elettrica ai sensi dell'articolo 13, commi 3 e 4, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387/03, e del comma 41 della legge 23 agosto 2004, n. 239/04;
- CEI 0-2;
- CEI 11-32/11-35/11-62;
- Guida CEI 82-25;
- CEI 11-1: “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata”;
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Norme CEI 11-17" Linee in cavo";
- Norme CEI 11-46 " Strutture sotterranee polifunzionali;
- CEI 114 “Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne”;
- CEI0-16 “Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica”;
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- Guida CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale
- CEI 17-5 VIIIa Ed. 2007: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici;

- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici;
- CEI 23-3/1 Ia Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
- CEI 10611 “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 CEI 211-4 Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche”;
- CEI 1137 “Guida per l’esecuzione degli impianti di terra di impianti utilizzatori in cui sono presenti sistemi con tensione maggiore di 1 kV”;
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione;
- CEI 11-17: “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo”;
- CEI 11-20: connessione alla rete;
- CEI 81-1, CEI 81-3, CEI 81-8, CEI 0-3: impianti elettrici in generale;
- CEI 17-1 VIa Ed. 2005: Apparecchiatura ad alta tensione. Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- 17-9/1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1kV e inferiori a 52 kV;
- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS);
- CEI 23-51 IIa Ed. 2004: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare;
- CEI 64-8: “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua”;
- Norme CEI EN 50086 2-4 "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche";
- CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1): “Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)”;
- CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3): “Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso - Quadri di distribuzione (ASD)”;
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): “Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione-Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico”;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): “Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60694 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
- CEI EN 60909-0 IIa Ed. (IEC 60909-0:2001-07): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti;
- CEI UNEL 35023 2012: Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4- Cadute di tensione;

- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata;
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.
- IEC 60502-2 IIa Ed. 2005-03: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2;
- IEC 60090-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito;
- IEC 61892-4 Ia Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities;
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems;
- R.D. n. 1775 del 11/12/1933 Testo Unico di Leggi sulle Acque e sugli Impianti Elettrici;
- R.D. n. 1969 del 25/11/1940 Norme per l'esecuzione delle linee aeree esterne;
- D.P.R. n. 1062 del 21/6/1968 - "Regolamento di esecuzione della legge 13 dicembre 1964, n. 1341 (2), recante norme tecniche per la disciplina della costruzione ed esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- CEI 20-21, DPR 16/12/ 92 N. 945 con successivi chiarimenti e deroghe: cavidotti e cavi;
- Codice Civile (relativamente alla stipula degli atti di costituzione di servitù);
- D.P.C.M del 8/07/2003 - "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)";
- D.Lgs. n. 285/92 - Codice della strada (e successive modificazioni);
- Legge n. 1086 del 5/11/1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" e successive modificazioni;
- Legge n. 64 del 2/02/1974 - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" e successive modificazioni.

2.2 Aerogeneratori e cabine a base torre

Un aerogeneratore trasforma l'energia cinetica posseduta dal vento in energia elettrica senza l'utilizzo di alcun combustibile e passando attraverso lo stadio di conversione in energia meccanica di rotazione effettuato dalle pale. Nella fattispecie, gli aerogeneratori in questione sono del tipo a portanza ad asse orizzontale, come riportato in figura 2.2.1.

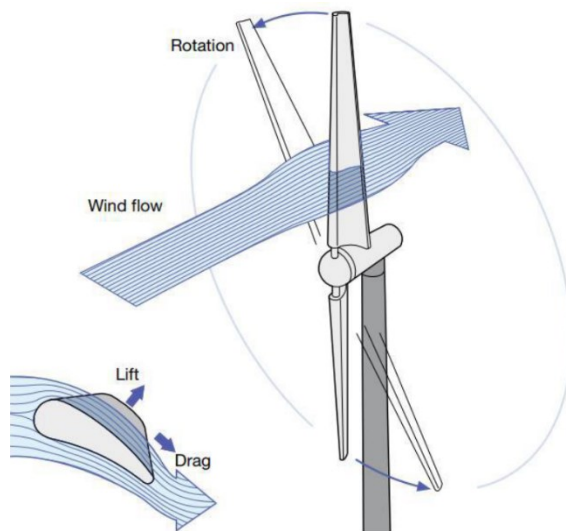


Figura 2.2.1 - portanza aerodinamica sulle pale di un aerogeneratore

Al fine di sfruttare l'energia cinetica contenuta nel vento, convertendola in energia elettrica disponibile per l'immissione in rete o per l'alimentazione di carichi in parallelo, un aerogeneratore utilizza diversi componenti sia meccanici che elettrici. I principali componenti che costituiscono un aerogeneratore ad asse orizzontale sono indicati nella figura 7 ed elencati di seguito:

1. pala,
2. supporto della pala,
3. attuatore dell'angolo di Pitch,
4. mozzo,
5. ogiva,
6. supporto principale,
7. albero principale,
8. luci di segnalazione aerea,
9. moltiplicatore di giri,
10. dispositivi idraulici di raffreddamento,
11. freni meccanici,

12. generatore,
13. convertitore di potenza e dispositivi elettrici di controllo, di protezione e sezionamento,
14. trasformatore,
15. anemometri,
16. struttura della navicella,
17. torre di sostegno,
18. organo di azionamento per l'imbardata.

La potenza elettrica in uscita dal generatore è generalmente in bassa tensione e deve essere convertita in media tensione attraverso un trasformatore per ridurre le perdite di trasmissione mediante l'allacciamento alla rete di distribuzione in media tensione.

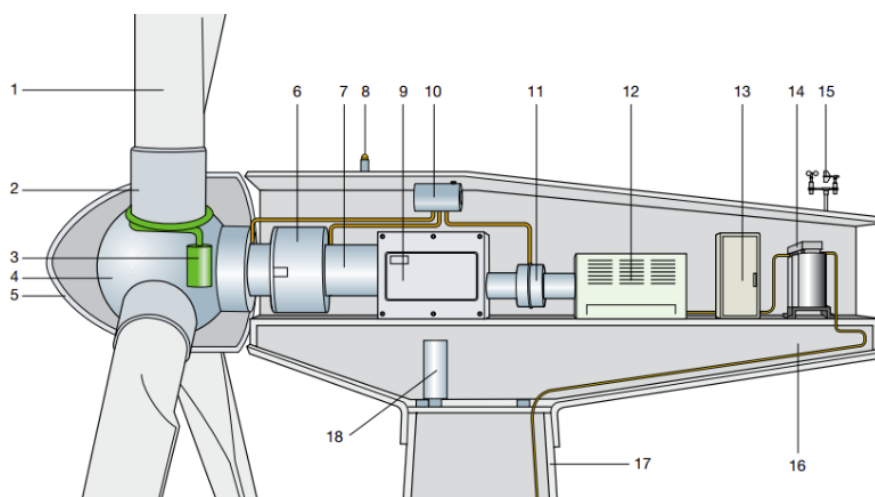


Figura 2.2.2: principali componenti di una turbina eolica

Come detto, l'impianto eolico "Canichiddeusi" sarà composto da 13 aerogeneratori, di cui 12 di potenza nominale pari a 6MVA (anche detti CAN B) e uno di potenza nominale pari a 3,4MVA (anche detto CAN A) per una potenza nominale complessiva di 75,4MVA e potenza in immissione di 72MVA.

Gli aerogeneratori scelti tra i modelli disponibili sul mercato per il progetto oggetto del presente elaborato (modello Vestas V162 e Vestas V126 o similari) sono caratterizzati da una potenza nominale di 6 MW (da CAN_01 a CAN_09 e da CAN_11 a CAN 13) e altezza al mozzo fino a 166 m, e da una potenza nominale di 3,4 MW (CAN_10) e altezza al mozzo fino a 87 m. Il rotore degli aerogeneratori è costituito da tre pale e un mozzo con diametro di 162 m (modello tipo V162) e di 126 m (modello tipo V126).

Le pale sono controllate dal sistema di ottimizzazione basato sul posizionamento ottimizzato delle stesse in funzione delle varie condizioni del vento. Le pale sono in fibra di carbonio e di vetro e sono costituite da due gusci di aerazione legato ad un fascio di supporto o con struttura incorporata. Il mozzo è in ghisa e supporta le tre pale e trasferisce le

forze reattive ai cuscinetti e la coppia al cambio. L'albero principale di acciaio permette tale trasferimento di carichi. L'accoppiamento rende possibile il trasferimento dalla rotazione a bassa velocità del rotore a quella ad alta velocità del generatore. Il freno a disco è montato sull'albero ad alta velocità. L'altezza della torre tra quelle di produzione possibili, come scritto in precedenza, sarà varia tra 87 m e 166 m e sarà formata da più tronchi innestati in verticale. La navicella ha una struttura esterna in fibra di vetro con porte a livello pavimento per consentire il passaggio delle strutture interne da montare. Sono presenti sensori di misurazione del vento e lucernari che possono essere aperti dall'interno della navicella ma anche dall'esterno. L'aerogeneratore opera a seconda della forza del vento; al di sotto di una certa velocità, detta di cut-in, la macchina è incapace di partire; perché ci sia l'avviamento è necessario che la velocità raggiunga tale soglia che nel caso degli aerogeneratori di progetto è pari a 3 m/s. La velocità del vento "nominale", ovvero la minima velocità che permette alla macchina di fornire la potenza di progetto, è pari a 3 m/s. Ad elevate velocità (22,5 – 24,0 m/s) l'aerogeneratore si ferma in modalità fuori servizio per motivi di sicurezza (velocità di cut-out). La protezione contro le scariche atmosferiche è assicurata da un captatore metallico posizionato alla punta di ciascuna pala e collegato con la massa a terra attraverso la torre tubolare. Il sistema di protezione contro i fulmini è progettato in accordo con la IEC 62305, IEC 61400-24 e IEC 61024 – "Lightning Protection of Wind Turbine Generators" Livello 1. Ciascun aerogeneratore è sostenuto da una torre tubolare di forma tronco-conica in acciaio zincato ad alta resistenza.

Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche geometriche e funzionali di progetto degli aerogeneratori:

Aerogeneratore	Modello (presunto)	Potenza nominale [MW]	Numero pale	Tipologia torre	Altezza mozzo [m]	Diametro rotore [m]	Altezza tip [m]	Velocità cut-in [m/s]	Velocità cut-out [m/s]	Intervallo temperatura ambientale di riferimento [°C]
CAN_01	V162	6,0	3	Troncoconica	125	162	206	3,0	24,0	-20° to +45° C
CAN_02					125	162	206			
CAN_03					166	162	247			
CAN_04					119	162	200			
CAN_05					166	162	247			
CAN_06					125	162	206			
CAN_07					119	162	200			
CAN_08					166	162	247			
CAN_09					105	162	186			
CAN_10	V126	3,4	87	126	150	3,0	22,5			
CAN_11	V162	6,0	119	162	200	3,0	24,0			
CAN_12			119	162	200					
CAN_13			119	162	200					

Tab. 2.2.1 - Caratteristiche Geometriche e Funzionali Aerogeneratore di Progetto

Nelle seguenti figure sono mostrati i particolari architettonici dei diversi aerogeneratori:

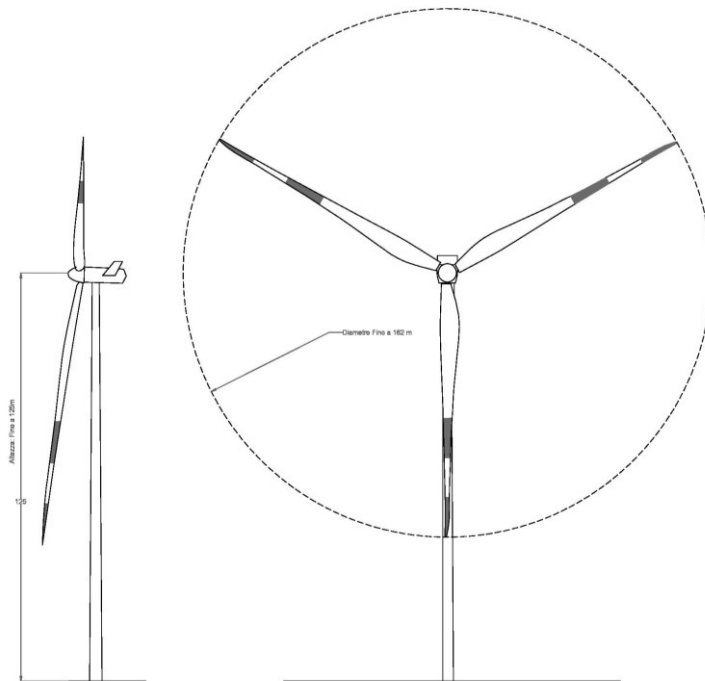


Figura 2.2.3- Particolare architettonico Aerogeneratori CAN 01, CAN 02 e CAN 06

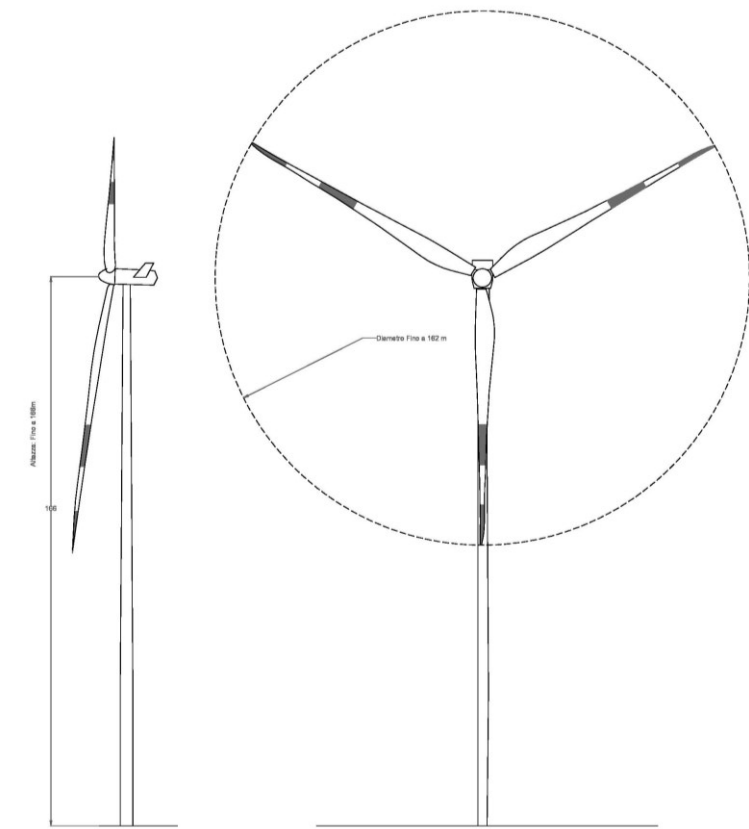


Figura 1.2.4 - Particolare architettonico Aerogeneratori CAN 03, CAN 05 e CAN 08

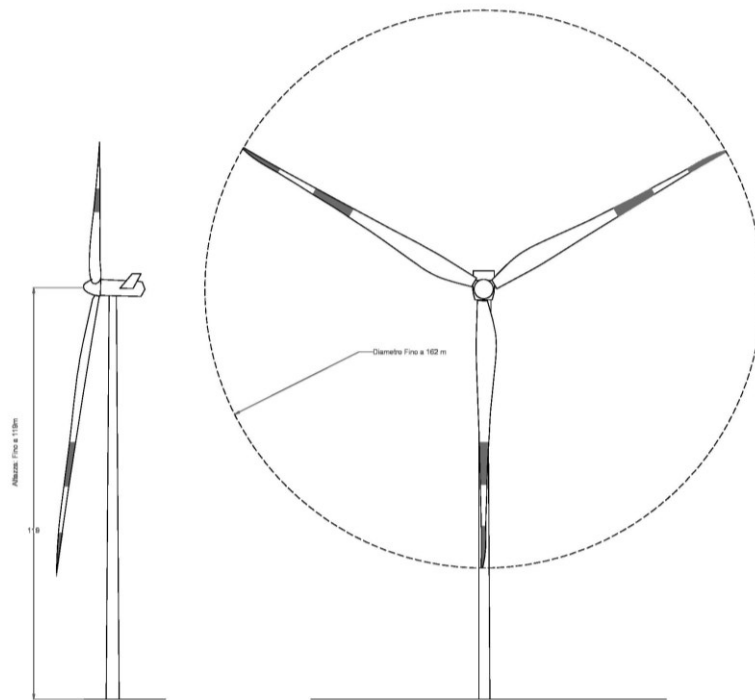


Figura 2.2.5 - Particolare architettonico Aerogeneratori CAN 04, CAN 07, CAN 11, CAN 12 e CAN 13

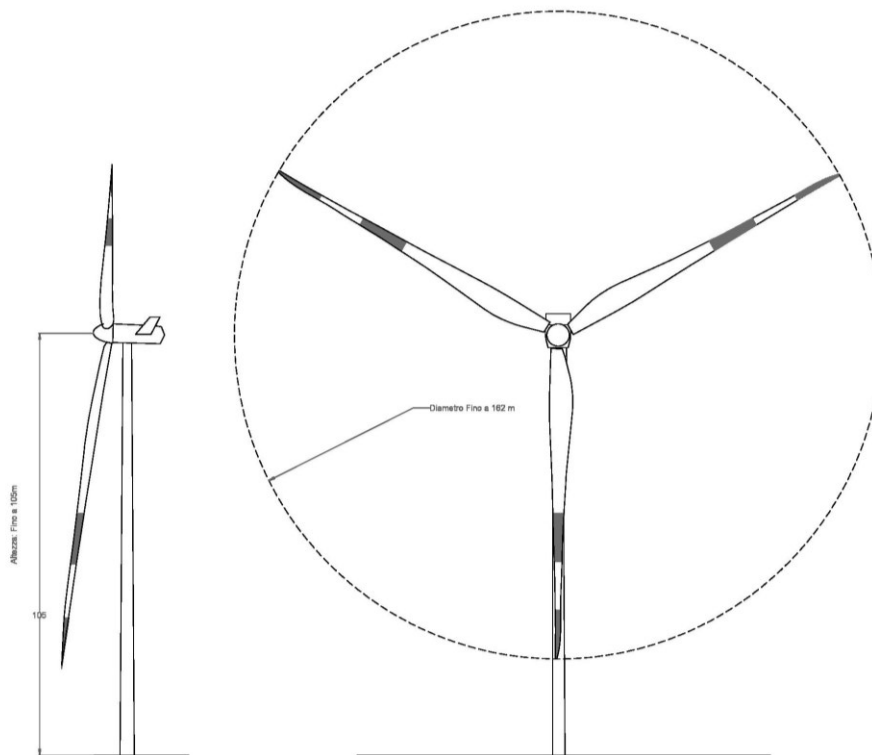


Figura 2.2.6 - Particolare Architettonico Aerogeneratore CAN 09

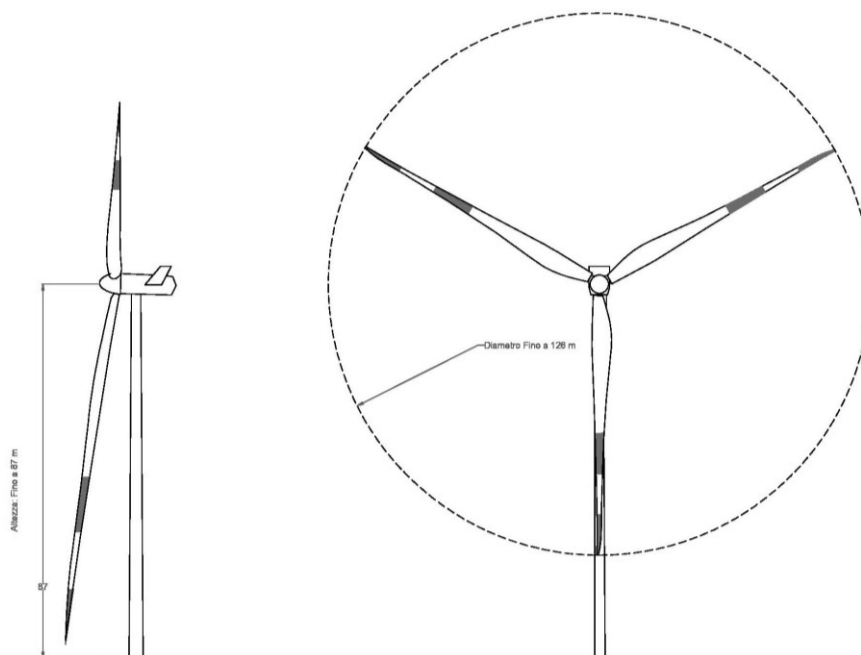


Figura 2.2.7 - Particolare Architettonico Aerogeneratore CAN 10

Da un punto di vista elettrico, in ogni aerogeneratore, l'energia prodotta dal generatore in corrente alternata sarà convertita dal convertitore CA/CA, posto in ciascuna navicella, che ne adatterà le caratteristiche di frequenza e tensione per la connessione al trasformatore elevatore e successivamente alla RTN.

In particolare, per gli aerogeneratori di tipo CAN B previsti in questa fase di progettazione definitiva, i convertitori avranno potenza pari a 6550kVA e convertiranno l'energia prodotta dai generatori asincroni trifase, portandola alla frequenza di 50Hz e alla tensione di 800V. Invece, per l'aerogeneratore di tipo CAN A previsti in questa fase di progettazione definitiva, il convertitore avrà una potenza nominale pari a 4400kVA e convertirà l'energia prodotta dal generatore asincrono trifase portandola alla frequenza di 50Hz e alla tensione di 650V.

Dal convertitore CA/CA, l'energia verrà convogliata al trasformatore MT/BT innalzatore, posto in ciascuna navicella, che innalzerà la tensione dal livello di uscita del rispettivo convertitore CA/CA al livello di 30kV.

Più nel dettaglio, per gli aerogeneratori di tipo CAN B, i trasformatori avranno una potenza pari a 7300kVA e un rapporto tra tensione secondaria e primaria pari a 0,8/30 kV. Invece, per l'aerogeneratore di tipo CAN A, il trasformatore avrà una potenza pari a 4000kVA e un rapporto tra tensione secondaria e primaria pari a 0,65/30kV.

A valle del trasformatore MT/BT, tramite cavi MT a 30kV, l'energia verrà convogliata alla cabina posta a base torre di ciascuna aerogeneratore. In ogni cabina a base torre, si prevede che saranno contenuti:

- il quadro di protezione MT in cui saranno installati uno o più dispositivi di protezione di linea in funzione del tipo di collegamento del singolo aerogeneratore con gli altri aerogeneratori e con la cabina di parallelo;

- il trasformatore MT/BT per i servizi ausiliari di taglia prevista pari a 50kVA;
- il quadro BT di protezione dei circuiti dei servizi ausiliari di cabina.
- le apparecchiature relative al sistema di monitoraggio e SCADA del corrispondente aerogeneratore.

2.3 Cabina di Parallelo e Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV

L'energia prodotta da ogni aerogeneratore, trasformata dal convertitore CA/CA e dal trasformatore innalzatore e convogliata alla cabina a base torre, verrà convogliata alla Cabina di Parallelo, transitando eventualmente da uno o più quadri MT di protezione degli altri aerogeneratori posti nelle cabine MT a base torre, tramite un sistema di cavidotti MT interrati a 30kV.

La Cabina di Parallelo assolve essenzialmente alla funzione di raccolta dell'energia prodotta dall'intero impianto eolico, la quale verrà successivamente convogliata alla Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV posta in prossimità della stessa.

Nella Cabina di Parallelo sarà installato:

- il quadro MT di parallelo degli aerogeneratori contenente gli scomparti con gli interruttori per la protezione delle linee in arrivo dagli aerogeneratori e della linea in partenza verso la cabina di trasformazione utente 30/36 kV con i relativi relè di protezione;
- il trasformatore MT/BT per i servizi ausiliari;
- il quadro BT di protezione dei circuiti dei servizi ausiliari, per l'alimentazione dei servizi ausiliari della stessa Cabina di Parallelo e della Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV.

Dalla Cabina di Parallelo, l'energia dell'intero impianto eolico verrà convogliata nella Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV dove subirà un'ulteriore e ultima trasformazione.

Infatti, tramite due trasformatori innalzatori a giorno, di potenza prevista pari a 50MVA ciascuno, la tensione dell'energia verrà innalzata da 30kV a 36kV, tensione di collegamento alla RTN.

In questo modo, dalla Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV, tramite cavidotto a 36 kV interrato, l'energia verrà consegnata alla RTN tramite il collegamento in antenna alla SE di nuova realizzazione, sita nel territorio del comune di Gibellina.

La posizione della Cabina di Parallelo e della Cabina di trasformazione Utente 30/36kV, site nell'area Cabine di Trasformazione Utente, sono riportate negli elaborati progettuali "Tav.03 Inquadramento su ortofoto", "Tav.04 Inquadramento su stralcio catastale" e "Tav.05 Planimetria generale impianto".

2.4. Descrizione cavidotti 30kV e cavidotto 36kV

Il tracciato dei cavidotti interrati a 30kV e a 36kV è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121. del T.U. 11/12/1933 n°1775, comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

Esso utilizza maggiormente corridoi già impegnati dalla viabilità stradale principale e secondaria esistente, con posa dei cavidotti il più possibile al margine della sede stradale. I cavidotti interrati sono stati progettati in modo tale da recare il minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi.

Il tracciato dei cavidotti interi a 30kV, si estenderà per circa 13,5 km, invece il cavidotto a 36kV di collegamento tra la "Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV" e la Stazione Elettrica (SE) della RTN di nuova realizzazione si estenderà per circa 11,5km.

Da un punto di vista elettrico, i cavi provenienti dalla navicella di ogni aerogeneratore, che trasportano l'energia elettrica in BT prodotta dai generatori elettrici, si atterranno al quadro MT posto nella cabina a base torre, previo collegamento intermedio al convertitore CA/CA e al trasformatore MT/BT che dovranno adattare le caratteristiche dell'energia prodotta dal generatore a quelle della rete elettrica a 50Hz e 30kV.

Le interconnessioni delle cabine a base torre, tra queste cabine con la Cabina di Parallelo e tra la Cabina di Parallelo e la Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV, verranno realizzate con dei cavi MT a 30kV di sezione adatta alla potenza trasportata, ed aventi caratteristiche di isolamento funzionali alla tensione di trasmissione (18/30kV).

Il collegamento tra la Cabina di Trasformazione Utente 30/36kV e lo stallo a 36kV della Stazione Elettrica della RTN verrà realizzato tramite una tripla terna di cavi a 36 kV di sezione adatta alla potenza trasportata, ed aventi caratteristiche di isolamento funzionali alla tensione di trasmissione (26/45kV).

I cavi utilizzati saranno del tipo con conduttori a corda rotonda compatta di alluminio, con isolamento in mescola di polietilene reticolato di colore naturale rispondente alle Norme CE 20-11, provvisti di strati semiconduttivi interni ed esterni in mescola estrusa all'isolante primario, lo schermo metallico sarà costituito da fili di rame rosso a contospirale, la guaina esterna è costituita da una mescola termoplastica in PVC di qualità Rz/ST2 di colore rosso. I suddetti cavi saranno interrati ad una profondità di circa 1,5 metri e la posa sarà effettuata realizzando una trincea a sezione costante di circa 70 centimetri di larghezza, ponendo sul fondo dello scavo, opportunamente livellato, un letto di sabbia fine o di terreno scavato se dalle buone caratteristiche geomeccaniche.

Sul fondo dello scavo sarà posato il conduttore di protezione costituito da una corda di rame stagnata avente una sezione di 50 mmq o in alluminio di sezione equivalente, tale conduttore sarà interamente ricoperto dalla terra compattata.

Al di sopra di tale strato si poseranno quindi i conduttori a media tensione con posa a trifoglio, il cui verso di avvolgimento sarà invertito ogni 500 metri circa in modo da compensare le reattanze di linea. I cavi saranno poi ricoperti da uno strato di circa 15/20 centimetri di terra vagliata e compattata. Al di sopra di tale strato saranno posate per tutta la lunghezza dello scavo, ed in corrispondenza dei cavi, delle beole in CLS rosso, aventi la funzione di protezione da eventuali colpi di piccone o altro attrezzo da scavo, in caso di dissotterramenti futuri, nonché quella di indicare la posizione dei cavi stessi. Dopo la posa delle beole, si procederà al reitro dello scavo con la terra proveniente dallo scavo stesso debitamente compattata, fino ad una quota inferiore di 15 centimetri al piano campagna. A tale quota si poserà

quindi, una rete di plastica rossa o altro mezzo indicativo simile (nastri plastificati rossi, etc) atto a segnalare la presenza dei cavi sottostanti.

In caso di percorso totalmente su terreno vegetale, lo scavo sarà completato con il rinterro di altro terreno vegetale, proveniente dallo scavo stesso, fino alla quota del piano campagna. In caso di attraversamenti stradali o di percorsi lungo una strada, la trincea di posa verrà realizzata secondo le indicazioni dei diversi Enti Gestori (Amm.ne Comunale e/o Provinciale). Tutto il percorso dei cavi sarà opportunamente segnalato con l'infissione periodica (ogni 50 metri circa) di cartelli metallici indicanti l'esistenza dei cavi in MT sottostanti. Tali cartelli potranno essere, eventualmente, sostituiti da mattoni collocati a filo superiore dello scavo e riportanti le indicazioni relative ai cavi sottostanti (Profondità di posa, Tensione di esercizio). Ogni cinquecento metri, o a distanza diversa, dipendente dalle lunghezze commerciali dei cavi, si predisporranno delle camere cavi, costituite da pozzetti di ispezione 80cmx80cm, adatte ad eseguire le giunzioni necessarie fra le diverse tratte di cavi.

2.5 Servizi ausiliari d'impianto

I servizi ausiliari dei singoli aerogeneratori verranno alimentati da un quadro elettrico BT specifico, ciò sarà consentito tramite l'utilizzo di un trasformatore MT/BT (30/0,4kV) di taglia nominale pari a 50kVA posti in ogni cabina a base torre e collegato alle sbarre MT del quadro MT della cabina stessa.

I servizi ausiliari della cabina di parallelo e della cabina di trasformazione utente 30/36kV saranno alimentati tramite un trasformatore MT/BT (30kV/0,4kV) e un quadro elettrico BT specifico posti nella Cabina di Parallelo.

A valle del trasformatore BT/MT è prevista una linea per l'alimentazione dei servizi ausiliari di cabina della PV Station e Per maggiori dettagli sui singoli circuiti si rimanda allo schema unifilare "Tav.13 Schema Elettrico Unifilare".

2.6 Fabbricati Tecnologici e cabine elettriche

Per l'impianto eolico in progetto sono previste:

- 13 cabine a base torre, ciascuna delle quali contenente il quadro MT di protezione della linea MT a 30kV in arrivo dal relativo aerogeneratore e dalle eventuali linee in arrivo dalle cabine a base torre degli altri aerogeneratori, il trasformatore MT/BT per i servizi ausiliari e il quadro elettrico BT di alimentazione dei servizi ausiliari;
- 1 cabina di parallelo contenente il quadro MT di protezione delle linee MT a 30kV in arrivo dalle cabine a base torre dagli aerogeneratori e della linea in partenza verso la cabina di trasformazione utente 30/36kV, il trasformatore MT/BT per i servizi ausiliari della stessa cabina e della cabina di trasformazione utente 30/36kV e il quadro elettrico BT di alimentazione dei servizi ausiliari;
- 1 cabina di trasformazione utente 30/36kV, identificabile nei due trasformatori 30/36kV a giorno di potenza nominale prevista pari a 50MVA ciascuno;

I locali di ogni fabbricato devono avere l'accesso diretto, sia per il personale, sia per poter avvicinare un'autogrù con peso a pieno carico di 180q, le aperture devono garantire un grado di protezione IP 33 ed una adeguata ventilazione a circolazione naturale di aria.

Le tubazioni di ingresso dei cavi devono essere sigillate onde impedire la propagazione o infiltrazione di fluidi liquidi e gassosi. Infine la struttura deve essere adeguatamente impermeabilizzata, al fine di evitare allagamenti ed infiltrazioni di acqua. Ogni fabbricato sarà dotato di impianto di messa a terra conforme alle CEI 11-1, costituito da dispersori interrati, in particolare da un anello di corda di rame nuda di sezione non inferiore a 35mmq, abbinata a dispersori a picchetto di lunghezza non inferiore a 1500mm e di spessore non inferiore a 5mm, trattato con zincatura a caldo. L'impianto di terra dovrà assicurare il rispetto dei limiti delle tensioni di passo e contatto previsti dalla Norma CEI 11-1.

2.7 Criteri di dimensionamento

2.7.1. Criterio termico

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla espressione:

$$I_b = P / K_{ca} \times V_n \times \cos\varphi$$

Dove:

- $K_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $K_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza $\cos\varphi$ è pari a 1. Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

- a) $I_b < I_n < I_z$
- b) $I_f < 1,45 I_z$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione. Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della conduttura principale. L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi.

Le cinque tabelle utilizzate sono:

IEC 448;

IEC 365-5-523;

CEI-UNEL 35024/1;

CEI-UNEL 35024/2;

CEI-UNEL 35026.

Mentre per la media tensione si utilizza la tabella CEI 17-11.

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_z \text{ min} = I_n / K$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla I_z min.

Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata. Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t \leq k^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma 64-8/4, per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase:

- Cavo in rame e isolato in PVC: $K = 115$;
- Cavo in rame e isolato in gomma etilpropilenica G5-G7: $K = 143$;
- Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7: $K = 92$.

2.7.2 Caduta di Tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale:

$$c.d.t(ib) = \max \left(\left(\sum_{i=1}^k \dot{Z}f_i \cdot \dot{I}f_i - \dot{Z}n_i \cdot \dot{I}n_i \right) \right)_{f=R,S,T}$$

Dove:

- f rappresenta le tre fasi R, S, T;
- n rappresenta il conduttore di neutro;
- i rappresenta le k utenze coinvolte nel calcolo;

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos \varphi + X_{cavo} \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- kcdt=2 per sistemi monofase;
- kcdt=1.73 per sistemi trifase.

I parametri Rcavo e Xcavo sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50 Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km.

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'cavo = \frac{f}{50} \cdot Xcavo$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati

da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

2.8 Fasce di rispetto e calcolo distanza di prima approssimazione

2.8.1 Definizioni

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall'articolo 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

Distanza di prima approssimazione (Dpa): per le linee e la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie e la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, e fissato l'obiettivo di qualità di 3 uT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 e. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 uT, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 ci, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

2.8.2 Valutazione all'esposizione al campo magnetico e valutazione delle distanze di prima approssimazione (DPA) da elettrodotti

Il DPCM dell'8 luglio 2003 stabilisce diversi criteri di valutazione dei campi elettromagnetici in prossimità di linee elettriche ad alta tensione e fissa i limiti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz. In particolare viene fissato il valore di attenzione di 10 uT (microtesla) ovvero

il valore di induzione magnetica che non deve essere superato nei luoghi definiti "a permanenza prolungata di persone". Questo valore è da intendersi con riferimento alla mediana nelle 24 ore.

La determinazione dei livelli di campo, elettrico e magnetico (CEM), in un luogo è elemento chiave per stabilire se il rischio esiste o no. L'intensità del CEM dipende dalla distanza dalla sorgente e di norma diminuisce rapidamente allontanandosi da quest'ultima. Per questo spesso, per assicurare la sicurezza delle persone, si utilizzano recinzioni, barriere o altre misure protettive che impediscano l'accesso non autorizzato ad aree dove i limiti di esposizione possono essere superati.

In genere i limiti di esposizione sono diversi per il pubblico generico e per i lavoratori. I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.

L'impatto magnetico dovuto alle linee elettriche aeree percorse da corrente è determinato dai seguenti fattori:

- La corrente circolante nei conduttori;
- La disposizione delle fasi.

Le distanze per il rispetto dei limiti sono determinate singolarmente. Il DPCM 8 Luglio 2003 e gli altri riferimenti legislativi, fissano i limiti seguenti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz.

Per un'analisi più approfondita si faccia riferimento all'elaborato di progetto "Rel.16 Relazione Campi Elettromagnetici"

2.9 Recinzione

Per garantire la sicurezza degli impianti sarà realizzata una recinzione metallica di protezione della sola area identificata come Area Cabine di Trasformazione Utente, in cui verranno realizzate la cabina di parallelo e la cabina di trasformazione Utente, integrata con un impianto di allarme antintrusione e di videosorveglianza.

La recinzione sarà costituita da una rete a maglia quadra. Essa offre una notevole protezione da eventuali atti vandalici, e costituisce un sistema di fissaggio nel rispetto delle norme di sicurezza.

La recinzione avrà le caratteristiche sopra descritte, atteso che in fase esecutiva potranno essere apportate delle modifiche in funzione della disponibilità sul mercato e condizioni contingenti.

Per visualizzare il particolare della recinzione di protezione dell'impianto, si rimanda all'elaborato di progetto "Tav. 34 Particolari Cancelli e Recinzione".

3. Protezione contro i contatti diretti e indiretti

3.1 Contatti diretti

I criteri adottati nel progetto per la protezione contro i contatti diretti sono improntati all'adozione di tutte le misure atte a garantire la massima sicurezza nelle condizioni di esercizio dell'impianto, anche in relazione alle manovre che è possibile effettuare sui dispositivi elettrici.

A tale fine il progetto si attiene scrupolosamente a quanto prescritto dalla norma CEI 64-8 per quanto riguarda i circuiti in bassa tensione e CEI 11-1 per i circuiti in media tensione. In particolare, per i circuiti in bassa tensione, sia in corrente continua che in corrente alternata, la protezione contro i contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23)
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva,
- idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi (canale o tubo a seconda del tratto).

3.2 Contatti indiretti

Sistema in corrente alternata (TN)

La protezione contro i contatti indiretti è assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse;
- i dispositivi di protezione inseriti nel quadro di distribuzione BT intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,2 secondi.

4. Impianto di terra

L'impianto di terra (si veda l'elaborato progettuale "Tav.16 – Impianto di terra") costituisce un mezzo per disperdere correnti elettriche nel terreno e per proteggere, unitamente ai dispositivi d'interruzione automatica del circuito, le persone dal pericolo di elettrocuzione. L'impianto di terra da realizzare deve soddisfare le disposizioni imposte dalla normativa CEI vigente in materia; in particolare, si ricorda che l'impianto di terra è costituito dall'intero sistema di conduttori, giunzioni, dispensori al fine di assicurare alla corrente di guasto un ritorno verso terra, attraverso una bassa impedenza.

Un buon impianto di terra, associato ad uso corretto dei collegamenti equipotenziali, rappresenta una delle soluzioni più utilizzate per raggiungere il miglior livello di sicurezza. Un impianto di terra, a seconda della funzione che deve assolvere, può distinguersi in:

- *messa a terra di protezione*, è una misura atta a proteggere le persone dai contatti diretti;
- *messa a terra di funzionamento*, ha lo scopo di stabilire un collegamento a terra di particolari punti del circuito elettrico per esigenze di esercizio, come la messa a terra del neutro nei sistemi TT e TN;

- *messa a terra per lavori*, collega a terra temporaneamente una sezione di impianto per esigenze di manutenzione.

È utile ricordare che l'importanza dell'impianto di terra, in relazione alle problematiche legate alla sicurezza, è sottolineata anche da leggi e normative specifiche riguardanti la sicurezza nei luoghi di lavoro. Non bisogna comunque dimenticare che, per quanto concerne il rischio per le persone, la presenza di un impianto di terra è una condizione necessaria ma non sufficiente per garantire la sicurezza. Per la realizzazione dell'impianto di terra si fa riferimento alla Norma CEI 64-8 (BT < 100V in ca) e alla Norma CEI 11-1 (>1000 V in ca).

L'impianto di terra dell'impianto sia lato BT che MT sarà unico per masse simultaneamente accessibili. Strutture metalliche saranno portate a terra con il PE (16 mm² - PVC giallo-verde) così come altri componenti presenti di classe I. In modo schematico, l'impianto di terra di ogni aerogeneratore consiste in un anello realizzato intorno l'aerogeneratore in corda nuda di rame di 50 mm² e collegato al collettore principale di terra posta a base torre. Ai quattro angoli dell'anello verranno collegati i ferri di armatura dei plinti di fondazione e dei picchetti dispersori a croce in acciaio zincato da 1,5m.

L'impianto di terra del singolo aerogeneratore, così realizzato, sarà poi connesso all'impianto di terra degli altri aerogeneratori tramite una linea dorsale costituita da una treccia di rame nudo di 50mm² interrata (ad una profondità superiore a 0,8m e ricoperta per circa 0,3m con terreno vegetale) lungo il percorso dei cavidotti MT di collegamento degli aerogeneratore e collegata al collettore di terra generale che sarà realizzato in cabina di parallelo, realizzando così l'impianto di terra globale di impianto.

Per ogni cabina a base torre e per la cabina di parallelo, l'impianto di terra sarà realizzato da una maglia di rame nudo 70 mm² e con dispersori a picchetto agli angoli e dovrà essere interrato ad una profondità superiore a 0,8 m e ricoperto per circa 0,3 m con terreno vegetale.

L'impianto di terra delle cabine dovrà essere collegato all'impianto di terra globale.

I conduttori di terra dovranno essere realizzati con conduttori in rame isolato avente sezioni minime, come di riportato di seguito, e dovranno garantire la resistenza meccanica e alla corrosione dei conduttori di terra:

- collegamento piastrine di derivazione 95 mm² (n°2 punti di connessione);
- collegamento quadri elettrici 95 mm² (n° 2 conduttori derivati dalla sbarra di terra);
- macchinario elettrico 16 mm²;
- apparecchiature mobili 16 mm²;
- quadri e/o centralini luce 16 mm²;
- rack, tralicci, cancelli, recinzioni, incastellature metalliche 50 mm² (punti di attacco uno ogni 20 metri);
- ponticelli di continuità (protezione scariche atmosferiche) 70 mm²;
- paline per illuminazione 16 mm²;
- trasformatori MT/BT 185 mm² (n°3 punti di connessione);
- power center 120 mm² (n°3 punti di connessione);

- quadri di media 70 mm² (n°2 punti di connessione);
- altri quadri bassa tensione ed inverter 70 mm² (n°2 punti di connessione).

Dai collettori alle apparecchiature dovranno essere realizzati i collegamenti equipotenziali, con conduttori di tipo N07G9-K, aventi sezione non inferiore a quelli riportati di seguito:

- trasformatori MT/BT 185 mm² (n°2 punti di connessione al centro stella e n°1 punto di connessione alla struttura);
- power center 185 mm² (n°3 punti di connessione);
- quadri MT 70 mm² (n°2 punti di connessione);
- altri eventuali quadri in BT 70 mm² (n°2 punti di connessione).

L'impianto di terra in oggetto si riferisce ad un sistema di II categoria. Il sistema, del tipo TN-S, prevede il collegamento del conduttore di protezione, direttamente col centro stella del circuito secondario dei trasformatori.

L'impianto di terra verrà realizzato in accordo alle prescrizioni delle Norme CEI 11-1 e CEI 64-12. I dati tecnici di dimensionamento sono stati considerati peggiori di quelli realmente esistenti allo stato attuale di modo da considerare eventuali cambiamenti e trasformazioni della rete alla quale sarà connesso il l'impianto eolico in oggetto.

L'art. 9 delle Norme C.E.I. 11-1 prescrive che gli impianti di terra nelle cabine di trasformazione debbano essere dimensionati in modo tale che non si determinino in nessun punto, sia all'interno che all'esterno della cabina, determinate tensioni di contatto e di passo.

5. Rischio di incendi negli impianti eolici

Gli impianti di generazione dell'energia elettrica da fonte eolica rientrano nell'insieme più generale degli impianti elettrici e quindi, come tutti gli impianti di tale tipo, presentano un certo rischio di incendio, essenzialmente dovuto a sovraccarico e corto circuito. Entrambi sono rischi ben conosciuti, facilmente valutabili e risolvibili.

Ma se un impianto elettrico presenta rischi connessi alla distribuzione con l'aggiunta di un impianto eolico subentrano anche rischi legati alla produzione, in quanto si tratta di un impianto che per l'appunto produce energia elettrica ad una determinata tensione.

Ciò premesso, i principali rischi dal punto di vista della prevenzione degli incendi sono presto detti.

Intanto un primo rischio è quello di arco elettrico, viste le tensioni non indifferenti in gioco, con la conseguente importanza dei cablaggi e delle protezioni. In particolare i cavi devono essere resistenti ai raggi UV ed alle alte temperature, essere di sezione adeguata ed essere correttamente collegati. La questione dei cablaggi appare spesso sottovalutata e le connessioni lente pare siano una delle cause di incendio più comuni nel caso di incendi di impianti elettrici.

Un secondo rischio è legato all'inverter che, come tutti gli apparecchi di questo tipo, può surriscaldarsi: e, se il suo

sistema di raffreddamento non è stato correttamente dimensionato, può costituire fonte di innesco. Visto che l'inverter è normalmente ospitato in un apposito locale, l'innesco può facilmente propagarsi alle altre apparecchiature contenute nel locale stesso.

I principali rischi di questi impianti sono:

- l'elettrocuzione;
- la fulminazione diretta;

Riguardo all'elettrocuzione:

- l'impianto di messa a terra del sistema eolico influisce sul funzionamento del generatore e sulla sicurezza delle persone;
- in caso di un guasto a terra del sistema elettrico, se questo è messo a terra in un punto, la parte del generatore compresa tra i due punti a terra viene cortocircuitata; se il sistema elettrico è isolato da terra, un primo guasto a terra non determina una corrente apprezzabile, ma se il guasto permane e sopravviene un secondo guasto a terra si ricade nel caso precedente;
- il sistema elettrico isolato da terra (presente progetto) è comunque riferito a terra tramite la resistenza di isolamento verso terra. Una persona in contatto con un polo del sistema elettrico isolato da terra, direttamente o tramite una massa, è attraversata da una corrente continua;
- tale corrente aumenta: con la tensione nominale (verso terra) del sistema elettrico; con l'estensione del sistema elettrico poiché diminuisce la resistenza di isolamento verso terra.

Riguardo la protezione contro i fulmini:

I danni che un fulmine può provocare sono essenzialmente dovuti a tre cause:

1. Tensioni di contatto e di passo pericolose: morte di persone e/o di animali;
2. Scariche pericolose: danni fisici (incendi, esplosioni, ...);
3. Sovratensioni: danni ad apparecchiature elettriche ed elettroniche.

Per quanto concerne la protezione contro gli incendi, ai fini della prevenzione incendi, l'impianto eolico:

- non deve costituire causa primaria di incendio o di esplosione;
- non deve fornire alimento o via privilegiata di propagazione degli incendi;
- deve essere previsto un dispositivo di sezionamento sotto carico azionabile da comando remoto;
- i componenti degli impianti non devono essere installati in 'luoghi sicuri' né essere di intralcio alle vie di esodo;

Riassumendo, i rischi caratteristici di un impianto eolico sono il rischio elettrico e il rischio incendio. Ai fini della sicurezza, resta imprescindibile che a partire dal primo momento ove si imposta la ideazione per la realizzazione di un impianto eolico sono da prevedersi i vari rischi nelle diverse fasi di progettazione, esecuzione, esercizio e manutenzione dello stesso.

A tal proposito, sono previste le seguenti misure di protezione dai rischi sopra esposti:

- Contatti diretti:
 - utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
 - utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
 - collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi (canale o tubo a seconda del tratto) idoneo allo scopo.
- Contatti indiretti:
 - collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse;
 - i dispositivi di protezione inseriti nel quadro di distribuzione BT intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,2 secondi.
- Rischio incendio:
 - Gli impianti eolici non devono costituire causa primaria di incendio o di esplosione;
 - Gli impianti eolici non devono fornire alimento o via privilegiata di propagazione degli incendi;
 - Negli impianti eolici deve essere previsto un dispositivo di sezionamento sotto carico azionabile da comando remoto;
 - Gli impianti eolici in presenza di atmosfere esplosive devono essere ubicati all'esterno delle zone classificate;
 - i componenti degli impianti eolici non devono essere installati in 'luoghi sicuri' né essere di intralcio alle vie di esodo;