



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di FOGGIA



Progetto Uno

Progetto Uno s.r.l. via Napoli, 116 - cap. 95127 Catania (CT)
amm.: Oliver Lutz - cod. fisc. 0585151074 Tel.:3386386396

PROGETTO DEFINITIVO

**Progetto per la realizzazione di un impianto eolico denominato "Wind 1"
della potenza nominale di 54,4 MW nel Comune di Foggia loc. Cantone**

*Decreto Legislativo 29 dicembre 2003 n° 387- Attuazione della direttiva 2001/77/CE
Promozione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità'*

ELABORATO

**IMPIANTO EOLICO ED OPERE CONNESSE - RELAZIONE
PRELIMINARE DIMENSIONAMENTO IMPIANTI DESCRITTIVA OPERE**

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE
A4	-	SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	PRO-ELE-REL-005A
		PRO	ELE	REL		005A	

Coordinamento e Progettazione	 Studio Tecnico Associato ing. Giovanni Bruno - arch. G.Farinola Viale Europa, 62/a Foggia (FG) Tel. 0881373998 - 3356013949 E-mail: ingbruno@tiscali.it	Studio Archeologico	 ARCHEO SERVIZI Dott. Antonio Mesisca Via Aldo Moro B/5 82021 Apice (BN) Tel. 3271616306 E-mail: mesisca.antonio@virgilio.it
Studio Geologico e consulenza ambientale	Geol. Francesco Ferrante Studio di Geologia Tecnica e Ambientale Via Attilio Benvenuto, 76 - Foggia (FG) Tel. 0881742216 - 3385654577 E-mail: ferrantegeo@gmail.com	Studio Agronomico e Naturalistico	Dott. Antonio Totaro Viale L. Da Vinci, 1 Manfredonia (FG) Tel. 3486403829 E-mail: atotaro033@gmail.com
Studio Paesaggistico	Arch. Giuseppe Farinola Viale Europa, 62/a Foggia (FG) Tel. 0881373998 - 3387535391 E-mail: agfarinola@virgilio.it	Studio Elettrico	 Sciacca & Partners S.r.l. Unip. C.so Vittorio Emanuele III, 51 96015 Francofonte (SR) CF e P.IVA: 01871700892 E-mail: noi@sciaccapartners.it
Rilievo Topografico	 Studio Tecnico Dott. Agr. Rocco Iacullo Via Padre Antonio da Olivadi, 89 - Foggia Tel. 0881665592 - 3930051965 E-mail: studioiacullo@gmail.com	Studio Acustico	Ing. Michele Russo Via Mascagni, 1 - Margherita di Savoia (BT) Tel. 3495343724 E-mail: russomicheleing@gmail.com

Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
00	01/12/2022	Prima emissione	GT	DS	DS

Indice

Premessa	3
Norme e documentazione di riferimento	3
Condizioni ambientali di riferimento.....	9
Aerogeneratori	9
Criteri di dimensionamento dei cavi.....	10
Rete interna AT.....	12
Cavidotto esterno di utenza AT	13
Cabina di utenza	14

Premessa

L'impianto denominato "Cantone" è un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolico localizzato nel Comune di Foggia e Lucera in provincia di Foggia Regione Puglia in località "Posta Cantone" (Latitudine 41.554573°, Longitudine 15.559270°).

Con riferimento agli elaborati grafici "**PD-T01A: Impianto eolico ed opere di connessione – Corografia su IGM**" e "**PD-T03A: Impianto eolico ed opere di connessione – Planimetria su CTR**" le opere sono collocate nel foglio 408 "Foggia" della Cartografia IGM 1:50.000, nei fogli 408032, 408061, 408062, 408064, 408071, 408072, 408073, 408073, 408074, e 408033 della Cartografia Tecnica Regionale della Puglia.

Con riferimento agli elaborati grafici "**PD-T04A: Impianto eolico ed opere connesse su catastale**" - Le opere sono inquadrate nel NCT ai fogli 10, 3, 26, 24, 25, 38, 39, 40, 22, 41, 21 del Comune di Foggia (FG) e 50, 39, 38 e 37 del Comune di Lucera (FG). Essi interessano terreni privati, strade pubbliche ed enti urbani.

L'impianto è costituito da 8 aerogeneratori da 6,8 MW per una potenza complessiva di 54,4 MW.

La soluzione di connessione elaborata da Terna Rete Italia S.p.A. nel preventivo avente codice identificativo 202101964 prot. GRUPPO TERNA/P20220030059-07/04/2022 prevede il collegamento in antenna a 36 kV su una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra-esce sulla linea 380 kV "Foggia – San Severo" denominata "Lucera".

Tale stazione è ad oggi autorizzata per la sezione 380/150 kV.

Il vettoriamento dell'energia elettrica dagli aerogeneratori alla rete di distribuzione avverrà mediante:

1. rete di cavidotti interni in AT a 36 kV
2. cabina di utenza in AT a 36 kV;
3. cavidotto di utenza in AT a 36 kV;
4. stazione di trasformazione 380/150/36 kV RTN ;

Le opere dai punti 1 a 3 saranno di utenza e pertanto saranno possedute e gestite dalla società Progetto Uno S.r.l. titolare dell'impianto, mentre l'opera 4 sarà parte integrante della rete di trasmissione nazionale e pertanto posseduta e gestita da Terna Rete Italia S.p.A.

Oggetto della presente relazione è la descrizione dei criteri di dimensionamento delle opere elencate dai punti 1 a 3. Per la stazione 380/150/36 kV si rimanda al relativo Piano Tecnico delle Opere.

In base alle prescrizioni degli enti, in funzione dell'evoluzione tecnologica e ad eventuali parametri che saranno definitivi in fase di progettazione esecutiva potranno essere scelti componenti aventi caratteristiche analoghe o migliori.

Norme e documentazione di riferimento

La presente specifica tecnica facente parte del progetto esecutivo è stata redatta in ottemperanza alle norme di riferimento vigenti di cui si dà un elenco orientativo e non esaustivo.

Leggi, Decreti e Regolamenti

- D.lgs. 387/03 - Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- D.M. 10/09/2010 e ss.mm.ii. - Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili;
- D.lgs. n. 28/2011 e ss.mm.ii. - Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE;
- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii. – Norme in materia ambientale
- D.M. 161/12 e ss.mm.ii. – Terre e rocce da scavo.
- D.lgs. 42/04 e ss.mm.ii.- Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio
- Regione Puglia D.G.R. 1435/2013 e ss.m.ii.- Approvazione del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR);
- Regione Puglia D.G.R. 1748/2000 e ss.mm.ii Approvazione del Piano Urbanistico Territoriale Tematico per il Paesaggio (PUTT/P);
- Regione Puglia D.G.R. 1333/2019 e ss.mm.ii Approvazione del Piano Tutela delle Acque (PTA)
- Autorità di Bacino Regione Puglia (Autorità di Bacino del Distretto Meridionale) Delibera C.I. 30/11/2005 Approvazione del Piano di Assetto Idrogeologico e ss.mm.ii
- Regione Puglia D.G.R. 819/2019 Approvazione definitiva del Quadro Assetto Tratturi
- R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775 e ss.mm.ii.- Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- R.D. 523/1904 e ss.mm.ii.- Testo Unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 e ss.mm.ii. Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada
- D.P.C.M 08/07/2003 e ss.mm.ii.- 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
- D.M. 29/05/2008 e ss.mm.ii.- Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica
- D.lgs. 259/03 e ss.mm.ii. - Codice delle comunicazioni elettroniche

- D.M. 24/11/1984 e ss.mm.ii.- Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8
- D.P.R. 01/08/2011 n. 151 e ss.mm.ii.- Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4 -quater , del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122;
- D.P.R. n. 327/01 e ss.mm.ii. - Testo Unico sugli Espropri
- Delibera ARG/elt 99/08 - Testo Integrato sulle Connessioni Attive
- D.lgs. 81/08 e ss.mm.ii. – Testo unico sulla Salute e Sicurezza sul lavoro
- Legge n. 186/68 e ss.mm.ii.- Costruzione degli impianti a regola d'arte;
- D.P.R. 177/11 e ss.mm.ii.– Decreto Spazi Confinati
- D.lgs. 17/10 e ss.mm.ii. – Direttiva Macchine
- D.M. 37/08 e ss.mm.ii. – Norme per la sicurezza degli impianti.
- D.M. 10 marzo 1998 - Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro.
- D.M 12/03/1998 - Elenco riepilogativo di norme armonizzate adottate ai sensi del comma 2 dell'art. 3 del DPR 24 luglio 1996, n. 459: "Regolamento per l'attuazione delle direttive del Consiglio 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine;

Normativa tecnica

- CEI 0-2 : Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- CEI 88-1 Sistemi di generazione da fonte eolica Parte 1: Prescrizioni di progettazione
- CEI 88-4 Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione dell'energia elettrica - Parte 5-3: Turbine eoliche
- CEI 88-10 Turbine eoliche - Parte 25-2: Comunicazioni per la supervisione e il controllo di impianti eolici - Modelli di informazione
- CEI 88-15 Turbine eoliche – Verifiche di conformità e certificazione
- CEI 88-16 Protezione dalla fulminazione
- CENELEC HD 620 S1:1996: Distribution cables with extruded insulation for rated voltages from 3,6/6 (7,2) kV to 20,8/36 (42) kV;

- 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;
- CEI UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata
- CEI 20-21: Cavi elettrici – Calcolo della portata di corrente
- CEI 20-29 : Conduttori per cavi isolati;
- CEI 0-16 Regole Tecniche di Connessione (RTC) per Utenti attivi ed Utenti passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- 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 99-4 Guida per l'esecuzione delle cabine MT/bt del cliente/utente finale;
- CEI 99-5 Guida per l'esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua
- CEI EN 50181 Isolatori passanti del tipo a innesto per apparecchi diversi da trasformatori a riempimento con liquido per tensioni superiori a 1 kV fino a 52 kV e per correnti da 250 A fino a 2,50 kA"
- CEI 211-4 Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche;
- 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;
- E-Distribuzione - Linee Guida per l'applicazione del DM 29.05.08 - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche;
- CEI 103-6 Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- CEI 11-25: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata Parte 0: Calcolo delle correnti;
- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- CEI 11-15 Esecuzione di lavori sotto tensione su impianti elettrici di Categoria II e III in corrente alternata

- CEI 11-46 Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo – Criteri generali e di sicurezza
- CEI 11-47 Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa;
- CEI 11-48 Esercizio degli impianti elettrici: Parte I: Prescrizioni generali
- CEI 13-71: Sistemi di misura dell'energia elettrica in c.a. – Guida alla composizione, installazione e verifica
- CEI 11-61 Guida all'inserimento ambientale delle linee aeree esterne e delle stazioni elettriche
- CEI 11-62 Stazioni del cliente finale allacciate a reti di terza categoria;
- CEI 11-63 Cabine Primarie
- CEI 20-22 Prove d'incendio sui cavi elettrici;
- CEI 20-37 Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi;
- CEI 20-89 Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di media e alta tensione e criteri generali di progettazione
- CEI 70-1 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);
- CEI 86-360 Cavi in fibra ottica: Specifica generica – Generalità;
- CEI 86-241 Fibre ottiche Parte 2 Specifiche di prodotto – Generalità
- CEI 86-325 Cavi in fibra ottica Parte 3-11: Cavi da esterni - Specifica di prodotto per cavi di telecomunicazioni con fibre ottiche monomodali per posa in tubazione, direttamente interrati e fascettati (lashed) per posa aerea
- CEI 17-1 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- CEI 17-112 Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione Parte 1: Prescrizioni comuni per apparecchiatura di manovra e di comando in corrente alternata
- CEI 17-103: Apparecchiatura ad alta tensione - Parte 202: Sottostazioni prefabbricate ad alta tensione/bassa tensione
- CEI 17-142: Apparecchiatura ad alta tensione - Parte 212: Assieme compatto di apparecchiature per sottostazioni di distribuzione (CEADS)
- CEI 17-130 Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso
- CEI 17-83: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata;

- CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
- CEI 38-10 Trasformatori di tensione induttivi trifase con $U_m < 52$ kV
- CEI 38-11 Trasformatori di misura Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 38-12 Trasformatori di misura Parte 3: Prescrizioni addizionali per trasformatori di tensione induttivi
- CEI 38-13 Trasformatori di misura Parte 5: Prescrizioni addizionali per trasformatori di tensione capacitivi
- CEI 38-14 Trasformatori di misura Parte 2: Prescrizioni addizionali per trasformatori di corrente
- CEI 14-4/1 Trasformatori di potenza – parte 1 Generalità
- CEI 14-4/8 Trasformatori di potenza – parte 8 Guida di applicazione
- CEI 14-48 Trasformatori di potenza - Parte 16: Trasformatori per applicazioni in aerogeneratori
- CEI 96-1 Trasformatori di separazione, autotrasformatori, trasformatori variabili e reattori;
- CEI 14-32: Trasformatori di potenza - Parte 11: Trasformatori di tipo a secco;
- CEI 14-47: Trasformatori di potenza - Guida di carico per trasformatori di potenza di tipo a secco
- CEI 96-1 Trasformatori di separazione, autotrasformatori, trasformatori variabili e reattori;
- CEI 104-33 Classificazioni delle condizioni ambientali – Parte 1: Parametri ambientali e loro severità
- CEI 104-49 Classificazione delle condizioni ambientali – Parte 2: Condizioni ambientali presenti in natura – Precipitazioni e vento
- CEI 104-50 Classificazioni delle condizioni ambientali – Parte 2-1: Condizioni ambientali presenti in natura – Temperatura ed umidità
- CEI 104-51 Classificazione delle condizioni ambientali – Pressione atmosferica
- CEI 37-2 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;
- CEI: 33-32 - Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per sistemi in corrente alternata con tensione nominale superiore a 1000 V.
- CEI 103-10: Protezione delle linee di telecomunicazioni dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata da linee ferroviarie elettrificate in corrente alternata
- CEI 121-25: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali

- Terna S.p.A. – Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete;
- Alte norme CEI ed UNI di settore.

Condizioni ambientali di riferimento

L'impianto e le opere connesse sono localizzate nel Comune di Foggia e di Lucera. In tabella 2.1 sono riportati i dati meteo-climatici relativi a Foggia.

Tab.2.1 Dati meteo-climatici del Comune di Foggia (fonte Climate-Data.ORG)

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	8.4	8.6	11.1	14.1	18.5	23.2	26.1	26	21.9	18.2	13.7	9.9
Temperatura minima (°C)	4.7	4.5	6.4	9	12.8	17.1	19.8	20.1	17.2	14.2	10.2	6.4
Temperatura massima (°C)	12.7	13.1	16	19.3	24.2	29.2	32.2	32	27.1	22.9	17.8	13.9
Precipitazioni (mm)	72	58	46	45	23	14	3	11	46	77	77	65
Umidità (%)	81%	78%	74%	68%	59%	52%	49%	53%	67%	76%	80%	81%
Giorni di pioggia (g.)	6	6	5	5	3	2	1	2	4	6	7	6
Ore di sole (ore)	5.7	6.4	7.9	9.7	11.7	12.7	12.8	11.9	9.5	7.4	6.0	5.5

Le condizioni ambientali di riferimento sono:

- altitudine: 35 - 46 m s.l.m. < 1000 m;
- livello di inquinamento: medio;
- zona di vento: 3;
- zona sismica: 2;

Aerogeneratori

Gli aerogeneratori sono di marca Vestas modello V172-6.8 HH 114 di cui si riportano le principali caratteristiche in tab. 3.1.

Tab. 3.1: Specifiche tecniche aerogeneratori

Generatore	Tipo generatore	Sincrono a magneti permanenti
	Potenza nominale	6,8 MW
	Tensione nominale statore	0,8 kV
	Frequenza	0 ÷ 126
	Numero di poli	36
Convertitore	Tipo convertitore	Full scale
	Potenza apparente	7.750 kVA
	Tensione lato rete	0,72 kV

	Tensione lato generatore	0,8 kV
	Corrente nominale	6.488 A
Trasformatore	Potenza nominale	8,4 MVA
	Tensione nominale primario	0,72 kV
	Tensione nominale secondario	36 kV ± 2 x 2,5%
	Impedenza di cortocircuito %	9,9%
	Gruppo vettoriale	Dyn11
Rotore	Diametro	172 m
	Velocità cut in	3 m/s
	Velocità cut out	25 m/s
Sostegno	Altezza	114 m

La scelta del modello ed il posizionamento sono state determinate dai seguenti fattori:

- Ventosità
- Orografia
- Accessibilità tramite infrastrutture viarie esistenti.
- Vincoli ambientali e paesaggistici;
- Interferenze con altre infrastrutture (linee elettriche aeree, gasdotti, etc..)
- Presenza di recettori sensibili (abitazioni, aziende)
- Efficienza
- Rumorosità

Per maggiori approfondimenti si rimanda all'elaborato "R07A: Impianto eolico ed opere connesse: disciplinare tecnico-descrittivo".

Criteri di dimensionamento dei cavi

I criteri di dimensionamento sono quelli relativi alla:

- portata;
- massima caduta di tensione;
- massima perdita ammissibile;
- energia specifica passante.

a) il criterio della portata è definito con la seguente espressione:

$$I_b = \frac{P}{1,73 \cdot V_n \cdot \cos\varphi} < I_z \text{ per cavi ac}$$

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

in cui:

I_b è la corrente di impiego;

P è la potenza nominale dell'aerogeneratore pari a 6.800 kW;

V_n è la tensione nominale della rete AT pari a 36 kV;

$\cos\varphi$ è il fattore di potenza posto pari a 0,85;

I_z è la portata effettiva del cavo in base alle condizioni di posa ed ambientali;

I_0 è la corrente nominale del cavo a 20 °C, resistività del terreno pari a 1,5 °C/mW, profondità di posa 1 m in scavo con un solo circuito;

k_1 è un coefficiente legato alla temperatura del terreno;

k_2 è un coefficiente legato alla presenza di più circuiti caricati all'interno dello stesso scavo;

k_3 è un coefficiente legato alla profondità di posa;

k_4 è un coefficiente legato alla resistività termica del terreno.

b) Il criterio della massima caduta di tensione è espresso dalle seguenti formule:

$$\Delta V\% = \frac{1}{n} \cdot \frac{1,73 \cdot (r \cos\varphi + x \sin\varphi) \cdot L \cdot I_b}{V_n} \cdot 100 \text{ per cavi ac}$$

in cui

r è la resistenza chilometrica del cavo calcolata alla temperatura massima di esercizio;

x è la reattanza chilometrica del cavo;

$\cos\varphi$ è il fattore di potenza;

L è la lunghezza della linea;

I_b è la corrente di impiego riferita alla potenza;

V_n è la tensione nominale;

n è il numero di terne in parallelo.

c) Il criterio della massima perdita ammissibile è sintetizzato dalla seguente formula:

$$\Delta P\% = \frac{3 \cdot r \cdot L \cdot I_b^2}{P} \cdot 100 \text{ per cavi ac}$$

d) Il criterio dell'energia specifica passante si basa sulla seguente formula

$$I_{cc}^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2$$

t è il tempo di eliminazione del guasto;

K è un coefficiente dipendente dall'isolamento;

S è la sezione del cavo.

I_{cc} è la corrente di cortocircuito trifase massima;

$$I_{cc} = \frac{cU_n}{1,73 \cdot Z_{cc}} + 1,5 \cdot I_{n,WTG}$$

con

c fattore pari ad 1,1;

U_n è la tensione nominale della rete AT pari a 36 V;

$Z_{cc,i}$ è l'impedenza di cortocircuito calcolata dal punto di connessione al nodo;

$I_{n,WTG}$ è la corrente nominale dell'aerogeneratore calcolata a 36 kV .

La sezione finale del cavo è quella che soddisfa i criteri a) e d) per cui ΔP e ΔV sono inferiori rispettivamente all'1,5% ed al 3%.

Rete interna AT

La rete interna di cavidotti AT trasporta l'energia dagli aerogeneratori alla cabina di smistamento/utenza (CS). Essa è di tipo radiale ed è costituita da 3 linee esercite con neutro isolato a 36 kV

A: A7 – A6 - CU;

B: A5 – A4 – A3 - CU;

C: A2 – A1 – A8 - CU

I cavi saranno di tipo unipolare ARE4H5EE aventi conduttore in corda rotonda di alluminio, isolante in polietilene reticolato, doppia guaina in polietilene, schermatura in nastri di alluminio di sezione variabile tra 300 e 500 mm². Nella seguente tabella sono specificate le principali caratteristiche elettriche.

Tab. 7.1: Specifiche tecniche dei cavi MT interni

Marcatura	Sezione [mm ²]	I_n [A]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	c [μF/km]	r_c [mm]	D_e [mm]
ARE4H5EE 3x1x300 36 kV	300	417	0,100	0,111	0,283	10,35	49,5
ARE4H5EE 3x1x400 36 kV	400	478	0,078	0,107	0,308	11,75	52,6
ARE4H5EE 3x1x500 36 kV	500	545	0,061	0,104	0,337	13,25	56,3

Con riferimento agli elaborati "T16A: Impianto ed opere connesse – Schema elettrico unifilare", "T26A: Opere connesse – Cavidotti – Sezioni tipo" sono determinate le lunghezze dei vari tratti e i coefficienti di riduzione delle portate descritti nel paragrafo 4.

Nella seguente tabella è possibile visualizzare le sezioni per i singoli tratti con le rispettive cadute di tensione percentuali e le perdite di potenza percentuali.

Tab. 7.1: Specifiche tecniche dei cavi MT interni

Gruppo	Partenza	Arrivo	Lunghezza [m]	Potenza [kW]	I _b (A)	Marcatura	ΔP %	ΔV%	I _{cc} [kA]
A	A7	A6	1418,53	6800	128,45	ARE4H5EE 3x1x400 36 kV	0,10	3,00	11,79
A	A6	CU	4627,28	13600	256,90	ARE4H5EE 3x1x500 36 kV	0,52	2,88	13,10
B	A5	A4	1237,91	6800	128,45	ARE4H5EE 3x1x300 36 kV	0,12	2,97	13,07
B	A4	A3	921,29	13600	256,90	ARE4H5EE 3x1x400 36 kV	0,13	2,84	14,61
B	A3	CU	2171,12	20400	385,36	ARE4H5EE 3x1x500 36 kV	0,37	2,68	15,85
C	A2	A1	578,07	6800	128,45	ARE4H5EE 3x1x300 36 kV	0,05	2,73	14,55
C	A1	A8	1636,73	13600	256,90	ARE4H5EE 3x1x300 36 kV	0,31	2,67	15,40
C	A8	CU	530	20400	385,36	ARE4H5EE 3x1x400 36 kV	0,12	2,33	18,31

Cavidotto esterno di utenza AT

Il cavidotto esterno di utenza convoglia l'energia prodotta dalla cabina di smistamento/utenza allo stallo RTN a 36 kV posto all'interno dell'edificio quadri della sezione a 36 kV della stazione RTN di Lucera. Esso è lungo circa **12.780 km** con modalità di posa descritte nell'elaborato grafico: "**PD-T26A – Impianto eolico ed opere connesse – Cavidotti - Sezioni tipo** "

Esso è costituito da tre terne di cavi unipolari ARE4H5EE o similari già descritti per la rete di interna di cavidotti AT.

Nelle tabella 6.1 sono riportate le specifiche tecniche del cavo, mentre in tabella 6.2 sono visualizzabili le perdite percentuali, le cadute di tensione percentuali e le correnti di cortocircuito.

Tab. 6.1: Specifiche tecniche dei cavi MT esterni

Marcatura	Sezione [mm ²]	I _n [A]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	c [μF/km]	r _c [mm]	D _e [mm]
ARE4H5EE 3x1x630 36 kV	630	620	0,047	0,100	0,367	15	60,2

Tab. 6.2: Specifiche tecniche dei cavi MT esterni

Gruppo	Partenza	Arrivo	Lunghezza [m]	Potenza [kW]	I _b (A)	Marcatura	ΔP %	ΔV%	I _{cc} [kA]
A -B - C	CU	S	12.780	54.400	1027,62	ARE4H5EE 3x1x630 36 kV	1,5	2,19	19,35

Cabina di utenza

La cabina di utenza è posta nella particella **171** del foglio **26** del Comune di Foggia in corrispondenza dell'incrocio tra la strada di accesso all'aerogeneratore A8 e la SP 23. Essa raccoglie l'energia elettrica proveniente dal parco e la trasferisce sul cavidotto esterno (impianto di utenza per la connessione).

La sua ubicazione è stata scelta in base agli stessi criteri già descritti per i cavidotti ed in base all'ubicazione della stazione RTN "Lucera".

Essa è costituita da opere civili ed elettromeccaniche. Le opere civili sono descritti nei documenti "**PD-R02A: Impianto ed opere connesse – Relazione tecnica**" e "**PD-R07A: Impianto ed opere connesse – disciplinare tecnico descrittivo**".

Le opere elettromeccaniche sono rappresentate dalle apparecchiature destinate alla separazione dell'impianto dalla rete per guasto o per manutenzione. Con riferimento all'elaborato grafico: "**PD-T22D - Opere connesse - Cabine di utenza - Pianta, prospetti, sezioni ed impianto di terra**" e "**PD-T16A – Impianto eolico ed opere connesse - Schema elettrico unifilare complessivo**" saranno presenti:

- 2 scomparti risalita cavo;
- 1 scomparto misure di protezione;
- 1 scomparto misure fiscali;
- 1 scomparto interruttore generali/interfaccia;
- 1 scomparto interruttore cavidotto esterno;
- 3 scomparti linee di parco;
- 1 scomparto reattanza di compensazione (eventuale);
- 1 scomparto banco condensatori di rifasamento (eventuale);
- 1 scomparto protezione trasformatore servizi ausiliari.

Le apparecchiature sono state dimensionate tenendo conto delle correnti di impiego e delle correnti di cortocircuito. Le correnti di impiego per gli interruttori di linea sono 256,9 A (linea A) e 385,36 (linee B e C), mentre per l'interruttore del cavidotto esterno la corrente di impiego è di 1.027,62.

Le correnti di cortocircuito sono per tutti gli interruttori 19,35 kA.

Si opta per interruttori uni-tripolari posti in scomparti metallici isolati a gas

Le caratteristiche principali degli scomparti sono riportate nelle seguenti tabelle.

Tab. 6.1: Specifiche tecniche scomparti MT in cabina di utenza

Tensione nominale [kV]	36
Tensione di isolamento [kV]	40,5
Tensione di isolamento a frequenza industriale fase-fase, fase terra [kV]	90 – 85
Tensione di isolamento ad impulso atmosferico fase-fase, fase terra [kV]	220 - 185
Frequenza nominale [Hz]	50-60
Corrente nominale [A]	1250 - 2000
Temperatura ambiente [°C]	63
Corrente nominale ammissibile di breve durata entro 3s [kA]	40
Corrente di picco ammissibile di breve durata [kA]	100/104

Corrente nominale di interruzione in cortocircuito [kA]	40
--	----

Nel piazzale della cabina di utenza potrebbe essere posizionata una reattanza di compensazione (tab. 6.2) collegata rigidamente alla sbarra principale con l'obiettivo di compensare l'energia reattiva capacitiva generata dai cavidotto esterno di utenza nelle ore di bassa produzione o nulla al fine di limitare indesiderati aumenti di tensione e ridurre le correnti capacitive di difficile apertura per gli interruttori AT.

La potenza reattiva capacitiva del cavidotto esterno e della rete interna di collegamento a vuoto. E' data dalla somma delle potenze reattive corrispondenti ai vari tratti

$$Q_{c,imp} = \sum Q_{c,ij} = 3 \cdot \omega \cdot C_{ij} \cdot U_n^2 = 10,82 \text{ MVAR}$$

L'allegato 17 stabilisce che in corrispondenza della potenza attiva $P = 0$ ed in assenza di regolazione della tensione, l'impianto dovrà essere progettato in modo che siano minimizzati gli scambi di potenza reattiva con la rete al fine di non influire negativamente sulla corretta regolazione della tensione. Pertanto, ad impianto fermo, in caso di potenze reattive scambiate superiori a 0,5 MVAR, dovranno essere previsti sistemi di bilanciamento della potenza reattiva capacitiva prodotta dalla rete MT di parco in modo da garantire un grado di compensazione al punto di connessione compreso fra il 110% e il 120% della potenza reattiva prodotta dalla rete MT a V_n . Tipicamente tali sistemi di bilanciamento saranno rappresentati da reattanze shunt.

Trascurando le reattanze induttive di linea e dei trasformatori a vuoto si ottiene:

$$Q_L = 1,2 \cdot Q_c = 27 \text{ MVAR}$$

Tab. 6.2: Specifiche tecniche reattanza di compensazione

Potenza reattiva [MVAR]	28
Tensione nominale [kV]	36
Tipo di isolante	Olio minerale o resina
Tipo di raffreddamento	ONAN - ONAF

Lo stesso Allegato 17 prescrive l'eventuale richiesta di un banco di condensatori (tab. 6.3) con lo scopo di compensare le perdite induttive dei trasformatori a carichi elevati non coperte dalle capability dagli aerogeneratori.

Nella seguente formula la potenza reattiva di impianto è calcolata come somma delle potenze reattive dovute alle reattanze dei vari tronchi di linea e del trasformatori degli aerogeneratori. Queste ultime sono date dalla somma delle reattanze di magnetizzazione e della reattanza in condizioni di pieno carico

$$Q_{L,imp} = \sum Q_{L,ij} + N_{WTG} \cdot (Q_{oT,WTG} + Q_{iT,WTG})$$

$$= \sum 3 \cdot X_{Lij} \cdot I_{ij}^2 + N_{WTG} \cdot (Q_{oT,WTG} + Q_{iT,WTG}) = 8,87 \text{ MVAR}$$

Nella seguente formula la potenza reattiva di impianto è calcolata come somma delle potenze reattive dovute alle reattanze dei vari tronchi di linea e del trasformatori degli aerogeneratori. Queste ultime sono date dalla somma delle reattanze di magnetizzazione e della reattanza in condizioni di pieno carico dei trasformatori.

Tab. 6.3: Specifiche tecniche banco condensatori

Potenza nominale [MVAR]	10
Tensione nominale [kV]	36
Numero di unità	18