

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI FOGGIA

Comune:

Castelluccio dei Sauri - Deliceto

Località " Cisterna - Posta Cisternola - Sterparo"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE - 12 AEROGENERATORI -

Sezione 10:

CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE E IMPIANTI

Titolo elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

N. Elaborato: 10.2

Scala: -

Committente

WIND ENERGY CASTELLUCCIO S.r.l.

Via Caravaggio, 125
65125 Pescara (PE)
PEC: windcastelluciosrl@legpec.it

Amministratore Unico
Fabio MARESCA

Progettazione



sede legale e operativa
San Giorgio Del Sannio (BN) via de Gasperi 61
sede operativa
Lucera (FG) S.S.17 loc. Vaccarella snc c/o Villaggio Don Bosco
P.IVA 01465940623
Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Progettista
Dott. Ing. Nicola FORTE



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	Aprile 2018	RC sigla	MO sigla	NF sigla	Emissione Progetto Definitivo
		Nome File sorgente	Nome file stampa	Formato di stampa	A4

1. INTRODUZIONE	2
2. DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO	2
3. CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO	2
4. SISTEMA ELETTRICO	2
4.1 DESCRIZIONE GENERALE	2
4.2 DATI DI IMPIANTO.....	3
5. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI	5
5.1 CARATTERISTICHE ELETTRICHE	5
5.2 TENSIONE DI ISOLAMENTO DEL CAVO	5
5.3 TEMPERATURE MASSIME DI ESERCIZIO E DI CORTOCIRCUITO.....	5
5.4 CARATTERISTICHE FUNZIONALI E COSTRUTTIVE.....	5
5.4.1 COLLEGAMENTI MT IMPIANTO EOLICO (INTERNO ED ESTERNO).....	5
5.5.1 COLLEGAMENTI IMPIANTO EOLICO (INTERNO ED ESTERNO)	6
5.5.2 COLLEGAMENTI MT INTERNI ALLA STAZIONE ELETTRICA.....	6
5.5 ACCESSORI	7
6. VERIFICA RETE MT	7
6.1 MODALITÀ E CRITERI DI CALCOLO ELETTRICO.....	7
6.2 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	8
6.3 CALCOLO DI LOAD FLOW.....	8
6.4 VERIFICA DELLA PORTATA.....	10
6.5 VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE	11
7. RISULTATI DI CALCOLO	11
7.1 VERIFICA DELLE PERDITE	12

 TENPROJECT	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 2 di 14
---	--	---	---

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano i calcoli di verifica dei cavi MT e Load Flow, nell'ambito della progettazione definitiva dell'impianto eolico proposto dalla società WIND ENERGY CASTELLUCCIO s.r.l. da realizzarsi nei comuni di Ascoli Satriano, Castelluccio dei Sauri e Deliceto (FG).

2. DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO

Le norme tecniche e i documenti di riferimento utilizzate per la stesura del progetto esecutivo sono:

- IEC 60502-2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um=1.2 kV) up to 30 kV (Um=36 kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV (Um=7.2 kV) up to 30 kV (Um=36 kV) (03/2005);
- CEI EN 60909 (11-25) – Calcolo di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata (12/2001);
- IEC 60287: Electric cables – Calculation of the current rating (12/2006);
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo (07/2006).

3. CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO

- Altezza sul livello del mare < 1000 m;
- Temperatura ambiente -25 +40°C;
- Temperatura media 25°C;
- Umidità relativa 90%;
- Inquinamento leggero;
- Tipo di atmosfera non aggressiva.

4. SISTEMA ELETTRICO

4.1 Descrizione generale

L'impianto eolico è costituito da 12 aerogeneratori da 3600 kW di potenza nominale per una potenza complessiva di 43.2 MW.

In dettaglio l'impianto presenta

- 12 aerogeneratori ad asse orizzontale;
- 12 cabine di trasformazione poste all'interno della torre;
- Cavidotto interrato in media tensione (30 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori, tra questi e la cabina di raccolta e tra la cabina e la stazione elettrica di trasformazione;

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 3 di 14
---	--	---	---

- Una linea in fibra ottica che collega tra di loro gli aerogeneratori e la stazione elettrica di trasformazione per il telecontrollo del parco eolico
- N.1 cabina di raccolta
- N.1 stazione elettrica di trasformazione a 150/30 kV nel comune di Deliceto (FG);

L'energia elettrica viene prodotta da ogni singolo aerogeneratore in bassa tensione (690 V), trasmessa attraverso una linea in cavo al trasformatore MT/BT posto internamente alla base della torre dell'aerogeneratore, dove viene trasformata ed innalzata al valore di 30 kV. Diverse linee in cavo interrato collegano fra loro gli aerogeneratori e la cabina di raccolta da quest'ultima mediante una linee in cavo interrato partono i collegamenti alla sezione in media tensione della stazione di trasformazione.

Gli aerogeneratori del parco eolico in oggetto, ciascuno di potenza attiva pari a 3.6 MW, sono collegati elettricamente tra loro a formare una rete radiale, le lunghezze di ciascuna linea, comprensive di scorta cabina e macchina, relative al collegamento interno ed esterno, sono riportate in tabella 1.

Le ragioni di questa suddivisione sono legate alla topologia della rete elettrica, alla potenza complessiva trasmessa su ciascuna linea in cavo, alle perdite connesse al trasporto dell'energia elettrica prodotta. (Consultare l'elaborato "GE.CDS01.PD.5.6).

Il collegamento alla RTN del parco eolico appena descritto sarà eseguito mediante la realizzazione di una stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV da collegare alla stazione elettrica 150/380 kV Terna di Deliceto (FG).

4.2 Dati di impianto

Lo schema della rete utilizzato per le valutazioni relative ai calcoli di Load Flow e corrente di cortocircuito è rappresentato nell'*Allegato 1*. In seguito si riportano i dati relativi ai vari componenti dell'impianto.

RETE MT - AT

- | | |
|--|---------|
| • Sistema | trifase |
| • Frequenza | 50 Hz |
| • Tensione nominale (lato MT) | 30 kV |
| • Tensione nominale (lato AT) | 150 kV |
| • Corrente massima di corto circuito trifase (lato AT-RTN) ¹ | 31.5 kA |
| • Corrente massima di corto circuito monofase (lato AT-RTN) ¹ | 40 kA |

GENERATORI ASINCRONI

- | | |
|---------------------|---------|
| • Tensione nominale | 0.69 kV |
|---------------------|---------|

¹ Valore raccomandato dall'Allegato A.8 al Codice di Rete per stazioni vicine a punti di interconnessione 150/380 kV.

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 4 di 14
---	--	---	---

- Potenza nominale 3600 kW
- Corrente rotore bloccato 1.22 In

TRASFORMATORI MT/BT

- Potenza nominale 3900 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.69 kV
- Tensione di c.to c.to 9 %
- Perdite nel ferro 4 kW
- Collegamento Dyn 5
- Regolazione $\pm 2 \times 2.5$ %

TRASFORMATORE MT/AT

- Potenza nominale 50 MVA
- Rapporto nominale $150 \pm 10 \times 1.25\%$ / 31 kV
- Tensione di c.to c.to 15 %
- Perdite nel ferro 29.5 kW
- Collegamento YNd11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN-ONAF

TRASFORMATORE SA

- Potenza nominale 100 kVA
- Rapporto nominale $30 \pm 2 \times 2.5\%$ / 0.4 kV
- Tensione di c.to c.to 4 %
- Collegamento Dyn11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN

COLLEGAMENTI MT

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geometriche dei collegamenti dei cavi MT oggetto del calcolo.

Tabella 1 - Collegamenti MT, sezione e materiale dei conduttori

COLLEGAMENTI IMPIANTO EOLICO (INTERNO ED ESTERNO)		SEZIONE CONDUTTORE [mm ²]	MATERIALE CONDUTTORE	LUNGHEZZA [m]
GRUPPO 1	C1 - C2	95	Al	875
	C2 - C10	95	Al	1400
	C10 - C9	185	Al	4575
	C9 - CAB	400	Al	7470
GRUPPO 2	C8 - C12	95	Al	1932
	C12 - C11	95	Al	1255

Ten Project

Sede legale ed operativa: Via A. De Gasperi 61 - 82018 San Giorgio del Sannio (BN) - Sede Operativa: S.S. 17 loc. Vaccarella - 71036 Lucera (FG)

 TENPROJECT	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice	GE.CDS01.PD.10.2
		Data creazione	05/04/2018
		Data ultima modif.	06/04/2018
		Revisione	00
		Pagina	5 di 14

	C11 – C7	300	Al	4450
	C7 - CAB	400	Al	3930
GRUPPO 3	C3 – C4	95	Al	1400
	C4 – C5	95	Al	1360
	C5 – C6	185	Al	3330
	C6 - CAB	185	Al	4300
	CAB - SE	630	Al	4790

Le caratteristiche tecniche dei cavi utilizzati per i calcoli sono ricavate dai data-sheet del costruttore PRYSMIAN, ad essi si rimanda per ulteriori approfondimenti.

5. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI

Scopo del presente paragrafo è quello di fornire le caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi che verranno utilizzati per il collegamento in media tensione.

5.1 Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in media tensione sono:

- sistema elettrico 3 fasi – c.a.
- frequenza 50 Hz
- tensione nominale 30 kV
- tensione massima 36 kV
- categoria sistema B

5.2 Tensione di isolamento del cavo

Dalla tab. 4.1.4 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento U_0 corrispondente è 18 kV.


5.3 Temperature massime di esercizio e di cortocircuito

Dalla tab. 4.2.2.a della norma CEI 11-17 per cavi con isolamento estruso in polietilene reticolato ed in gomma ad alto modulo la massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di cortocircuito è di 250°C.

5.4 Caratteristiche funzionali e costruttive

5.4.1 Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno)

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrato, per il collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta e tra quest'ultima e la stazione elettrica, saranno del tipo pre-cordato ad elica visibile o

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 6 di 14
---	--	---	---

“trifoglio”, adatti a posa interrata, con conduttore in Al, isolamento XLPE, schermo in tubo Al, guaina in PE.

I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con $U_0/U=18/30$ kV e tensione massima $U_m=36$ kV, sigla di designazione ARE4H5E(X).

La stessa tipologia di cavi è utilizzata per i collegamenti MT tra quadri e trafo SA e tra quadri e trasformatore AT/MT all'interno della stazione elettrica di trasformazione.

5.5.1 Collegamenti impianto eolico (interno ed esterno)

Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione elettrica seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari (ad elica visibile) direttamente interrati, ovvero modalità di posa tipo **M**, ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato, modalità di posa **N**, mediante l'uso della tecnica con trivellazione orizzontale controllata. La posa verrà eseguita ad una profondità di 1.20 m in uno scavo di profondità 1.30-1.50 m (la seconda profondità è da considerarsi in terreno agricolo) e larghezza alla base variabile in base al numero di conduttori presenti. La sequenza di posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà la seguente.

- Strato di sabbia di 10 cm;
- Cavi posati a trifoglio di sezione 95, 185, 300, 400, 630 direttamente sullo strato di sabbia;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Ulteriore strato di sabbia per complessivi 30 cm;
- Posa del tubo in PEHD del diametro esterno di 63 mm per inserimento di una linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- Riempimento con il materiale di risulta dello scavo di 60÷90 cm;
- Nastro segnalatore (a non meno di 20 cm dai cavi);
- Riempimento finale con il materiale di risulta dello scavo e ripristino del manto stradale ove necessario, secondo le indicazioni riportate nelle concessioni degli enti proprietari.

Lungo tutto lo scavo dei collegamenti tra gli aerogeneratori sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mm² per la messa a terra dell'impianto.

Nel dettaglio le sezioni di posa del cavidotto sono riportate nell'elaborato di progetto "GE.CDS01.PD.3.2.6"

5.5.2 Collegamenti MT interni alla stazione elettrica

Le linee in media tensione che interessano il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore di potenza MT/AT seguiranno le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, saranno costituite da 3 terne di cavi unipolari (ad elica visibile) posate ciascuna in tubo di polietilene ad alta densità,

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 7 di 14
---	--	---	---

inglobati in calcestruzzo, ovvero modalità di posa tipo **O.1** (manufatti gettati in opera). La posa verrà eseguita ad una profondità di 0.50 m in uno scavo di profondità 0.60 m e larghezza alla base variabile in base al numero di tubi presenti.

La linea in media tensione che interessa il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore dei servizi ausiliari di stazione seguirà la modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, costituita da una terna di cavi unipolari (ad elica visibile) posate su passerella porta-cavi o in cunicolo areato/chiuso, ovvero modalità di posa tipo **F oppure P.1/P.2** all'interno del locale utente della stazione elettrica di trasformazione.

5.5 Accessori

Le terminazioni e le giunzioni per i cavi di energia devono risultare idonee a sopportare le sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche previste durante l'esercizio dei cavi in condizioni ordinarie ed anomale (sovracorrenti e sovratensioni).

La tensione di designazione U degli accessori deve essere almeno uguale alla tensione nominale del sistema al quale sono destinati, ovvero 30 kV. I componenti e i manufatti adottati per la protezione meccanica supplementare devono essere progettati per sopportare, in relazione alla profondità di posa, le prevedibili sollecitazioni determinate dai carichi statici, dal traffico veicolare o da attrezzi manuali di scavo, secondo quanto previsto nella norma CEI 11-17: 2006-07.

I percorsi interrati dei cavi devono essere segnalati, in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi, mediante l'utilizzo di nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0.2 m al di sopra dei cavi, secondo quanto prescritto dalla norma CEI 11-17: 2006-07. I nastri monitori dovranno riportare la dicitura "Attenzione Cavi Energia in Media Tensione".

6. VERIFICA RETE MT


6.1 Modalità e criteri di calcolo elettrico

Nel seguito si illustrano i risultati di calcolo, atti a verificare che le scelte operate sulle sezioni dei cavi della rete del impianto eolico, in accordo alla normativa vigente.

Il calcolo delle correnti a regime, delle cadute di tensione, delle perdite e le correnti di corto circuito ai nodi è effettuato con il software Neplan®, mediante un calcolo di load flow (con metodo Newton Raphson) e un calcolo del corto circuito ai nodi, in accordo alla Norma IEC 60909/2001 (CEI 11-25).

Il processo di calcolo è iterativo, se uno dei vincoli imposti non è rispettato si migliora la sezione dei cavi, e si risolve di nuovo il problema.

Questa operazione sarà realizzata tante volte fino a quando tutti i vincoli sono stati rispettati.

 TENPROJECT	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 8 di 14
---	--	---	---

Per la scelta delle caratteristiche delle apparecchiature elettriche e per la scelta definitiva dei cavi, si risolve sulla rete precedentemente modellata (con i cavi che rispettano tutti i vincoli imposti), il problema del corto circuito con la norma IEC 60909/2001 equivalente alla norma CEI 11-25.

Risolto il problema del corto circuito, si verifica se tutti i cavi precedentemente scelti, sono in grado di sostenere la corrente presunta di corto circuito per un secondo. Se si verifica che una data linea non è in grado di sostenere il corto circuito, si aumenta la sezione e si procede di nuovo alla verifica, il tutto fino a quando i risultati sono coerenti.

Dall'analisi dei valori ottenuti dalla risoluzione dei problemi del load flow e del corto circuito, si passa alla scelta dei quadri elettrici e dei componenti di protezione, manovra e misura (interruttori, sezionatori, TA, TV, relé ecc.)

I criteri di verifica sono i seguenti:

- verifica della portata nei diversi tratti, alla reale condizione di posa;
- verifica delle perdite complessive delle linee in MT (limite totale = 4%);
- verifica della caduta di tensione delle linee MT per i collegamenti tra gli aerogeneratori (limite = 1%);
- verifica della caduta di tensione delle linee MT per i collegamenti tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica (limite = 3%);

Le condizioni di calcolo sono le seguenti:

- potenza di ciascuna tratta corrispondente alla potenza nominale dei gruppi di generazione;
- tensione nominale 30 kV;
- resistenza dei cavi riportata alla massima temperatura operativa (90 °C);
- fattore di potenza dei gruppi pari a 1;

6.2 Interpretazione dei risultati

Nelle tabelle che seguono sono riassunti i risultati di calcolo del load flow e del corto circuito.


Nelle colonne viene indicato con la sigla **N** ___ l'elemento nodo in bassa tensione, con la sigla **A** ___ l'elemento nodo in media tensione, con la sigla **GA** ___ l'elemento generatore, con la sigla **TR** ___ l'elemento trasformatore e con la sigla **L** ___ l'elemento Linea.

6.3 Calcolo di load flow

In *Allegato 2* sono riportati, rappresentati graficamente, i risultati del calcolo di load flow e qui riportati in forma tabellare:

Tabella 2 - Risultati Load Flow
IMPIANTO EOLICO "CDS01" - LOAD FLOW

Element name	Type	P kW	Ib A	Loading %	P Loss kW	P Fe kW
GA1	Asynchronous Machine	-3600	2921			
GA10	Asynchronous Machine	-3600	2937			
GA11	Asynchronous Machine	-3600	2966			
GA12	Asynchronous Machine	-3600	2955			
GA2	Asynchronous Machine	-3600	2924			
GA3	Asynchronous Machine	-3600	2942			
GA4	Asynchronous Machine	-3600	2948			
GA5	Asynchronous Machine	-3600	2961			
GA6	Asynchronous Machine	-3600	2985			
GA7	Asynchronous Machine	-3600	2986			
GA8	Asynchronous Machine	-3600	2946			
GA9	Asynchronous Machine	-3600	2970			
T1	2W Transformer	-3573	67	89	27	6
T10	2W Transformer	-3573	67	90	27	6
T11	2W Transformer	-3573	68	91	28	6
T12	2W Transformer	-3573	68	90	27	6
T2	2W Transformer	-3573	67	89	27	6
T3	2W Transformer	-3573	67	90	27	6
T4	2W Transformer	-3573	68	90	27	6
T5	2W Transformer	-3573	68	91	27	6
T6	2W Transformer	-3573	69	91	28	6
T7	2W Transformer	-3573	69	91	28	6
T8	2W Transformer	-3573	68	90	27	6
T9	2W Transformer	-3573	68	91	28	6
TR NMT	2W Transformer	41906	811	84	168	29
L CAB-SE	Line	-41906	811	67	233	
L10-9	Line	-10605	202	65	76	
L12-11	Line	-7106	135	82	29	
L2-1	Line	-3568	67	41	5	
L2-10	Line	-7110	134	81	31	
L3-4	Line	-3565	68	41	8	
L4-5	Line	-7106	135	82	31	
L5-6	Line	-10589	203	85	90	
L6-CAB	Line	-14058	271	87	103	
L7-11	Line	-10603	203	74	75	
L7-CAB	Line	-14081	271	87	95	
L8-12	Line	-3562	68	41	11	
L9-CAB	Line	-13957	269	76	177	
RTN	Network Feeder	41738	162			

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 10 di 14
---	--	---	--

6.4 Verifica della portata

La portata dei cavi in regime permanente viene determinata in accordo alla norma IEC 60502-2, tenendo conto del declassamento dovuto alla temperatura, profondità e tipologia di posa.

In particolare è utilizzata la formula seguente:

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

dove:

I_0 = portata in condizioni nominali dei conduttori con isolante polimerico, E4 e G7, ed è ricavata dai datasheet del costruttore;

k_1 = coefficiente di correzione che tiene conto del numero di circuiti affiancati (più cavi o più tubi);

k_2 = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da quella di riferimento;

k_3 = coefficiente di correzione per profondità di posa diversa da quella di riferimento;

k_4 = coefficiente di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella di riferimento:

Il valore di I_0 ricavato dalle tabelle è riferito alle seguenti condizioni:

- temperatura del terreno 20°C;
- profondità di posa 1.20 m;
- resistività termica del terreno 2 K*m/W;

In assenza di informazioni specifiche sulle caratteristiche termiche del terreno, variabili sulla base di diversi fattori (composizione, umidità, ecc...), è stato considerato una resistività termica pari a 2 K*m/W. Tale valore risulta essere cautelativo e rappresenta una media tra i valori di resistività dei materiali costituenti il letto di posa (sabbia, materiale di risulta, ecc...).

Per la temperatura è mantenuto il valore di riferimento di 20 °C.

Per i circuiti affiancati, la distanza tra le terne considerata è 7 cm, le tabelle del costruttore prevedono i seguenti coefficienti di abbattimento della portata:

Tabella 3 - Coefficienti di derating della portata per più circuiti affiancati

Distanza tra i cavi o terne	Numero di cavi o terne (in orizzontale)			
	2	3	4	6
7	0.84	0.74	0.67	0.60

Per i dettagli sul percorso e le modalità di posa si rimanda all'elaborato di progetto "GE.CDS01.PD.3.2.1-5 "

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 11 di 14
---	--	---	--

6.5 Verifica della caduta di tensione

Il calcolo della caduta di tensione è ricavato dal calcolo di load flow ed è atto a stabilire il valore totale per l'intero cavidotto a partire dai gruppi fino alla cabina di smistamento e da questa alla stazione elettrica di trasformazione. I valori delle tensioni ai nodi sono deducibili dal diagramma di *allegato 2*.


7. RISULTATI DI CALCOLO

Nella tabella seguente sono riportati i risultati di calcolo relativi alla portata effettiva, alla caduta di tensione ed alla tenuta al cortocircuito di ciascuna tratta in media tensione costituente la rete dell'impianto eolico.

Tabella 4 – Portata effettiva, caduta di tensione di ciascuna tratta

node 1	node 2	Element name	mat	N	sec [mm ²]	Iz [A]	ΔUn [%]	tmax [s]
C1	C2	L2-1	Al	1	95	164.6	0.1	5
C2	C10	L2-10	Al	1	95	164.6	0.4	5
C10	C9	L10-9	Al	1	300	310	0.7	5
C9	CAB	L9-CAB	Al	1	400	354.5	1.2	5
C8	C12	L8-12	Al	1	95	164.6	0.3	5
C12	C11	L12-11	Al	1	95	164.6	0.4	5
C11	C7	L7-11	Al	1	300	273.1	0.7	5
C7	CAB	L7-CAB	Al	1	400	312.3	0.6	5
C3	C4	L3-4	Al	1	95	164.6	0.2	5
C4	C5	L4-5	Al	1	95	164.6	0.4	5
C5	C6	L5-6	Al	1	185	237.7	0.8	5
C6	CAB	L6-CAB	Al	1	400	312.3	0.7	5
CAB	SE	LCAB-SE	Al	3	630	1209.9	0.5	5

Come si evince dalla tabella il **valore della C.d.T. relativa alle linee MT di ogni collegamento tra gli aerogeneratori è inferiore al 1% previsto. Il valore della C.d.T. relative alle linee MT del collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica è inferiore al 3% previsto.**

	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 12 di 14
---	--	---	--

7.1 Verifica delle perdite

Il calcolo delle perdite è ricavato dal calcolo di load flow ed è atto a stabilire la somma delle perdite dell'intera rete MT in cavo, dei trasformatori di macchina, del trasformatore elevatore e dei servizi ausiliari, nelle condizioni di progetto previste.

La tabella 5 riporta le perdite complessive per l'impianto eolico di Wind Energy Castelluccio s.r.l.:


Tabella 5 - Perdite complessive

IMPIANTO EOLICO "CDS01" - SOMMARIO			
WTG	N.	P TOT	kW
	12		43200
Un	P Loss Line		P Loss Transformer
kV	kW	%	kW
30	964,8	2,23%	328,93
150	0	0	167,81
P TOT Loss			
kW	1461,54	%	3,38%

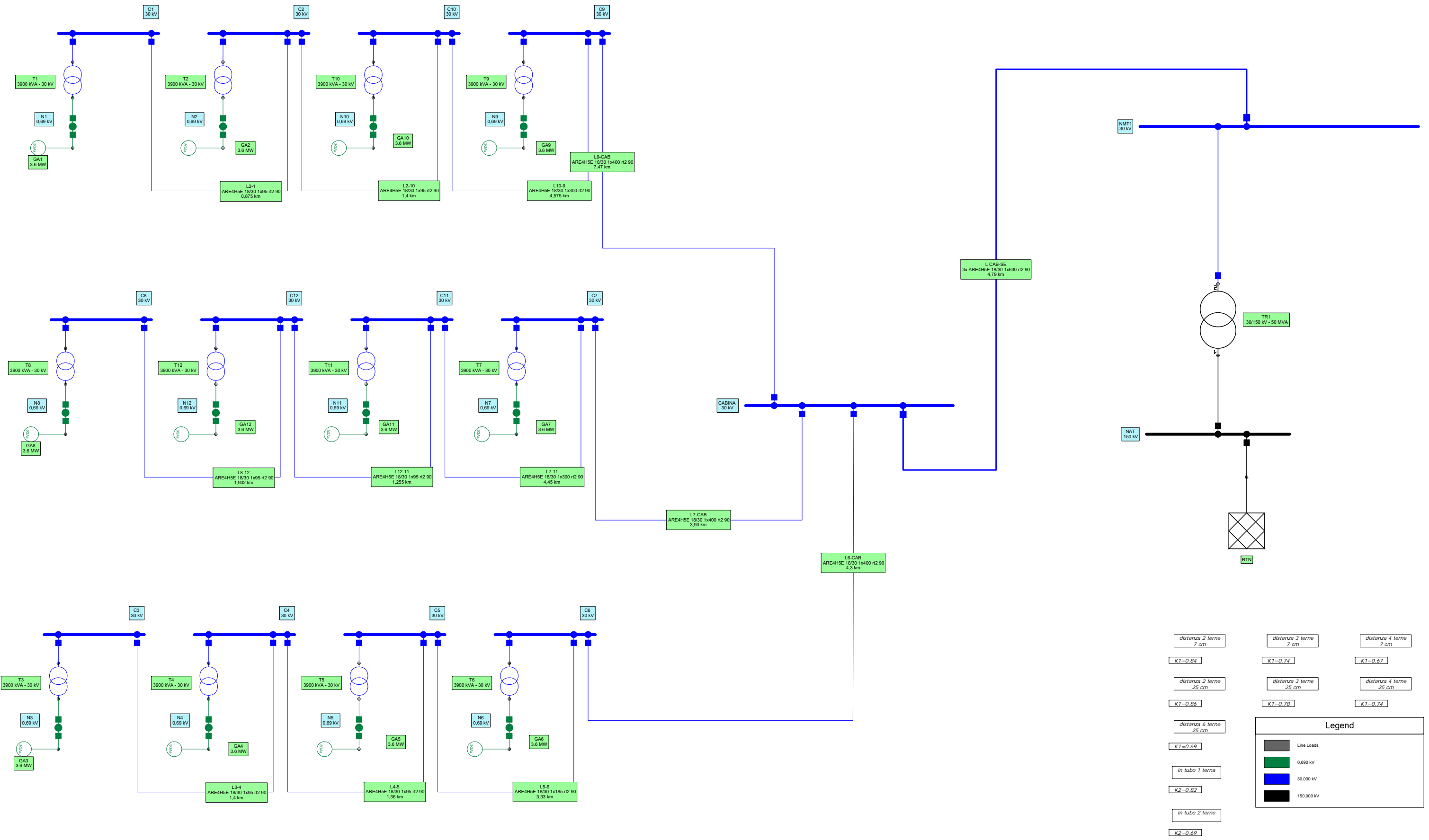
Come si evince dalla tabella, il valore delle perdite totali delle linee MT è pari a 2.23%, inferiore al 4% previsto.

Complessivamente considerando le perdite dei trasformatori di ciascun aerogeneratore e del trasformatore di stazione il valore di perdite complessive raggiunge il 3.38%.

I risultati dei calcoli di cui sopra dimostrano la correttezza delle scelte operate sulle sezioni dei cavi per tutti i tratti.

 TENPROJECT	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 13 di 14
---	--	---	--


ALLEGATO 1
RETE ELETTRICA



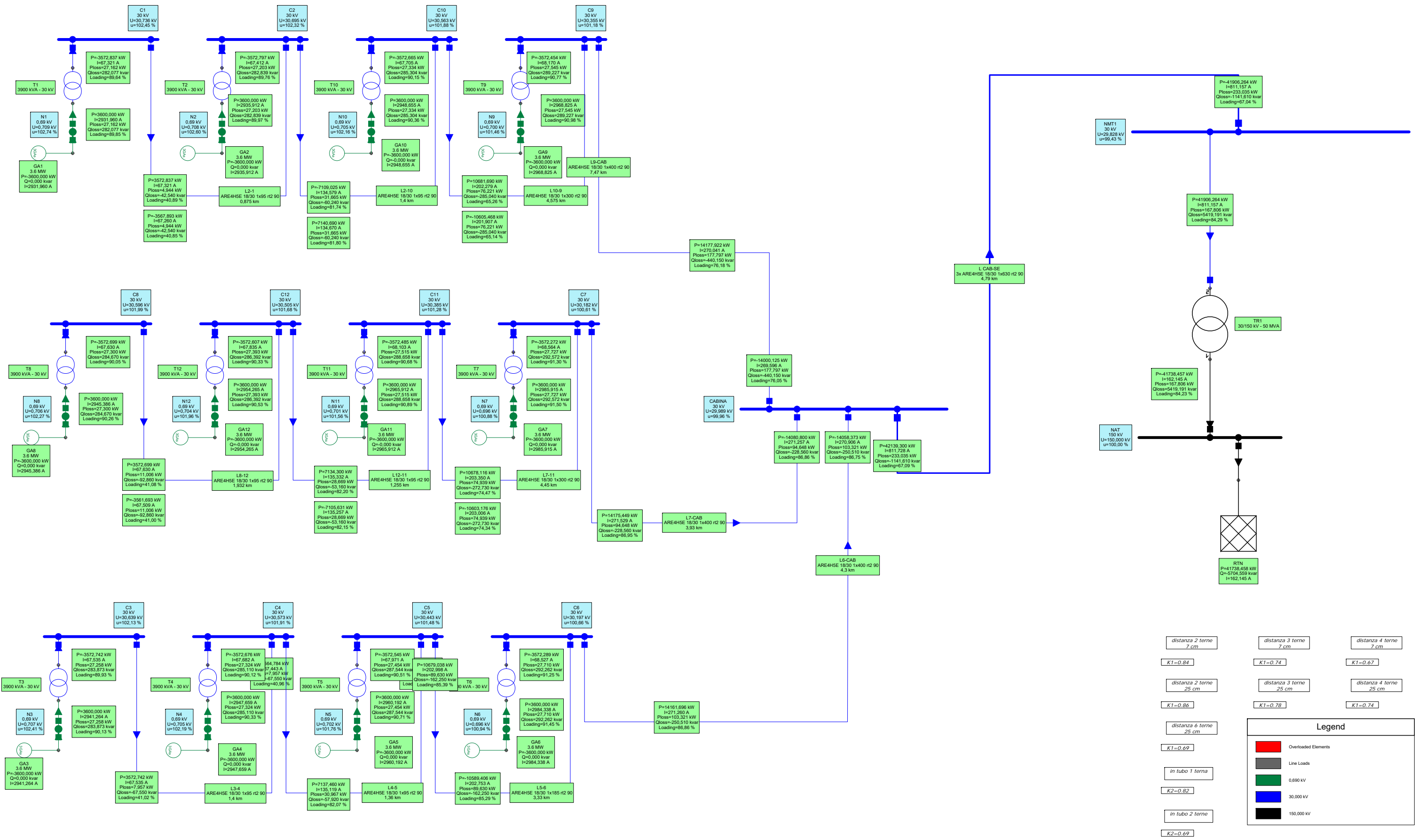
distanza 2 terne 7 cm	distanza 3 terne 7 cm	distanza 4 terne 7 cm
K1=0.84	K1=0.74	K1=0.67
distanza 2 terne 25 cm	distanza 3 terne 25 cm	distanza 4 terne 25 cm
K1=0.86	K1=0.78	K1=0.74
distanza 6 terne 25 cm		
K1=0.69		
in tubo 1 terne		
K2=0.82		
in tubo 2 terne		
K2=0.69		

Legend	
	Line Loads
	0,690 kV
	30,000 kV
	150,000 kV

Project: GE.CDS01.LF	created	MO	MO
Layout elettrico definitivo	changed		
Variant: rev 00	changed		
Layout impianto elettrico 12 Aerogeneratori Asincroni-3.6 MW Ur=30 kV ALLEGATO 1	changed		
BCP Busarello + Cot + Partner Bahnhofstr. 40 CH-8703 Erlenbach (Switzerland) www.neplan.com	Date:	11-apr-2018	
		NEPLAN	

 TENPROJECT	RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.CDS01.PD.10.2 05/04/2018 06/04/2018 00 14 di 14
---	--	---	--

ALLEGATO 2
CALCOLO LOAD FLOW



Project:	GE.CDS01.LF	created	MO	MO
Layout elettrico definitivo		changed		
Variant:	rev 00	changed		
Layout impianto elettrico 12 Aerogeneratori Aemcroni-3.6 MW U=30 kV ALLEGATO 1		changed		
BCP Busarello + Cott + Partner Bahnhofstr. 40 CH-8703 Entenbach (Switzerland) www.neplan.com	Date:	11-apr-2018		
		NEPLAN		