

REGIONE SARDEGNA
PROVINCE DI ORISTANO E NUORO
Suni(OR) - Sindia (NU) - Macomer (NU)

LOCALITA' "S'ena e Cheos ", "Tiruddone", "Ferralzos"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE - 7 AEROGENERATORI

Sezione 10:
CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE E IMPIANTI

Titolo elaborato:
Relazione di calcolo e dimensionamento rete MT

N. Elaborato: 10.2

Scala: -

Proponente

ORTA ENERGY 9 Srl

Largo Guido Donegani, 2
CAP 20121 Milano (MI)
P.Iva 11898400962

Amministratore
Francesco DOLZANI

Progettazione




sede legale e operativa
San Martino Sannita (BN) Loc. Chianarile snc Area Industriale
sede operativa
Lucera (FG) via A. La Cava 114
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	LUGLIO 2023	FDM sigla	FDM sigla	NF sigla	Emissione progetto definitivo	
Nome File sorgente		ES.SUN01.PD.10.2.R00.doc	Nome file stampa		ES.SUN01.PD.10.2.R00.pdf	Formato di stampa A4

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 1 di 17
---	--	--	---

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO	4
3	CONDIZIONI AMBIETALI DI PROGETTO	4
4	SISTEMA ELETTRICO	4
4.1	Dati di impianto	4
5	CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI.....	6
5.1	Caratteristiche elettriche	6
5.1.1	Tipologia di posa	7
5.1.2	Accessori.....	8
6	VERIFICHE RETI MT	9
6.1	Modalità e criterio di calcolo elettrico	9
6.2	Interpretazione dei risultati	10
6.3	Calcolo di load flow	10
6.4	Verifica della portata	11
6.5	Verifica della caduta di tensione	13
6.6	Verifica delle perdite.....	14

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 2 di 17
---	--	--	---

1 PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 aerogeneratori della potenza di 6 MW ciascuno, per una potenza di 42 MW, integrato con un sistema di accumulo con batterie agli ioni da 20 MW, per una potenza complessiva in immissione di 62 MW da installare nel comune di Suni (OR) e Sindia (NU) alle località "S'ena e Cheos", "Tiruddone" e "Ferralzos", con opere di connessione alla rete di trasmissione nazionale ricadenti nel comune Macomer (NU) alla località "Mura de Putzu". Proponente dell'iniziativa è la società Orta Energy 9 srl.

Il sito di installazione degli aerogeneratori è ubicato tra i centri abitati di Suni e Sindia, dai quali gli aerogeneratori più prossimi distano rispettivamente 4,5 km e 2,5 km.

Gli aerogeneratori sono collegati tra loro mediante un cavidotto in media tensione interrato denominato "cavidotto interno" che sarà posato quasi totalmente al di sotto di viabilità esistente e che giunge fino alla cabina di raccolta, prevista nel comune di Sindia alla località "Piena Porcalzos" nei pressi della strada comunale Miali Spina.

Dalla cabina di raccolta parte il tracciato del cavidotto interrato in media tensione "esterno", che corre su strada esistente e che, dopo circa 19 km, raggiunge la stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV di progetto (in breve SE di utenza).


La SE di utenza, infine, è collegata in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV della futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150 kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea a 380 kV "Ittiri - Selargius".

All'interno della stazione di utenza è prevista l'installazione di un sistema di accumulo di energia denominato BESS - Battery Energy Storage System, basato su tecnologia elettrochimica a ioni di litio, comprendente gli elementi di accumulo, il sistema di conversione DC/AC e il sistema di elevazione con trasformatore e quadro di interfaccia. Il sistema di accumulo è dimensionato per 20 MW con soluzione containerizzata, composto sostanzialmente da:

- 16 Container metallici Batterie HC ISO con relativi sistemi di comando e controllo;
- 8 Container metallici PCS HC ISO per le unità inverter completi di quadri servizi ausiliari e relativi pannelli di controllo e trasformazione BT/MT.


Completano il quadro delle opere da realizzare una serie di adeguamenti temporanei alle strade esistenti necessari a consentire il passaggio dei mezzi eccezionali di trasporto delle strutture costituenti gli aerogeneratori.

In fase di realizzazione dell'impianto sarà necessario predisporre un'area logistica di cantiere con le funzioni di stoccaggio materiali e strutture, ricovero mezzi, disposizione dei baraccamenti necessari alle maestranze (fornitore degli aerogeneratori, costruttore delle opere civili ed elettriche) e alle figure deputate al controllo della realizzazione (Committenza dei lavori, Direzione Lavori, Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione, Collaudatore).

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 3 di 17
---	--	--	---

Al termine dei lavori di costruzione dell'impianto, le aree di cantiere, le opere temporanee di adeguamento della viabilità e quelle funzionali alla realizzazione dell'impianto saranno rimosse ed i luoghi saranno ripristinati come ante operam.

La presente relazione descrive, nel dettaglio, il calcolo e dimensionamento della rete in media tensione.

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 4 di 17
---	--	--	---

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 ($U_m=1.2$ kV) up to 30 kV ($U_m=36$ kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m=7.2$ kV) up to 30 kV ($U_m=36$ 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 (10/2011).

3 CONDIZIONI AMBIETALI 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 Dati di impianto

Lo schema della rete utilizzato per le valutazioni relative ai calcoli di Load Flow 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 20 kA

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

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 5 di 17
---	--	--	---

AEROGENERATORI

- Tensione nominale 0.72 kV
- Potenza nominale 6000 kW

TRASFORMATORI MT/BT WTG


- Potenza nominale 8400 kVA
- Rapporto di trasformazione 30/0.72 kV
- Tensione di corto circuito 9,9%
- Collegamento Dyn 11
- Regolazione 2±2x2.5 %

TRASFORMATORI MT/BT BESS (VALORI TIPICI DA DEFINIRE IN FASE DI APPROVIGIONAMENTO)

- Potenza nominale 3000 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.66 kV
- Tensione di c.to c.to 8 %
- Perdite nel ferro 15 kW

TRASFORMATORE MT/AT (VALORI TIPICI DA DEFINIRE IN FASE APPROVIGIONAMENTO)

- Potenza nominale 70 MVA
- Rapporto nominale 150 ± 12x1.25% / 31 kV
- Tensione di c.to c.to 14 %
- Perdite nel ferro 31 kW
- Collegamento YNd11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN-ONAF

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 6 di 17
---	--	--	---

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

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.

Nel dettaglio le sezioni di posa del cavidotto sono riportate nell'elaborato di progetto (Consultare l'elaborato ES.SUN01.PD.4.4.R00).

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.

Caratteristiche funzionali e costruttive

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrate, per il collegamento di potenza tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta e quest'ultima con la stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV, sono adatti a posa interrata, con conduttore in Al, isolamento XLPE, schermo in tubo Al, guaina in PE.

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

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.

Sono di seguito riportate in "Tabella 1" le sezioni, le portate (nell'ipotesi di resistività termica del terreno pari a 2,0 °C*m/W) (Catalogo Prysmian-18/30 kV-(36 kV)) e le lunghezze dei cavi utilizzati per il collegamento dell'impianto.


	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 7 di 17
---	--	--	---


Tabella 1 – Cavi di collegamento MT

COLLEGAMENTI IMPIANTO EOLICO		SIGLIA	SEZIONE CONDUTTORE [mm ²]	PORTATA NOMINALE (RT=2 °C*m/W)	LUNGHEZZA [m]
GRUPPO 1	T04-T02	ARE4H5E	95	196 A	1650
	T02-CAB	ARE4H5E	240	327 A	4400
GRUPPO 2	T06-T01	ARE4H5E	95	196 A	1285
	T01-CAB	ARE4H5E	240	327 A	2605
GRUPPO 3	T03-T05	ARE4H5E	95	196 A	1130
	T05-T07	ARE4H5E	240	327 A	1895
	T07-CAB	ARE4H5E	500	479 A	4905
	CABR-SE	ARE4H5E	630	545 A	19250
	CABR-SE	ARE4H5E	630	545 A	19250
SISTEMA BESS	PCS1-EDU	ARE4H5E	95	196 A	15
	PCS2-EDU	ARE4H5E	95	196 A	15
	PCS3-EDU	ARE4H5E	95	196 A	20
	PCS4-EDU	ARE4H5E	95	196 A	20
	PCS5-EDU	ARE4H5E	95	196 A	30
	PCS6-EDU	ARE4H5E	95	196 A	30
	PCS7-EDU	ARE4H5E	95	196 A	40
	PCS8-EDU	ARE4H5E	95	196 A	40

5.1.1 Tipologia di posa

Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta e quest'ultima con la stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV seguirà le modalità di posa riportate nella norma **CEI 11-17**, sarà costituito da cavi unipolari 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 **tipo 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 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 direttamente sullo strato di sabbia;
- Posa della protezione meccanica supplementare;
- Ulteriore strato di sabbia per complessivi 30 cm;

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 8 di 17
---	--	--	---

- 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 70÷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 mmq per la messa a terra dell'impianto.

Nel dettaglio le sezioni di posa del cavidotto sono riportate nell'elaborato di progetto ES.SUN01.PD.4.4.R00.

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, 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.

Lo stesso vale per le linee in media tensione che interessano il collegamento tra il PCS e il quadro MT della stazione elettrica di trasformazione 30/220 kV.

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 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.

5.1.2 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.

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: 2011-10. I nastri monitori dovranno riportare la dicitura "Attenzione Cavi Energia in Media Tensione".

Ten Project

Sede legale ed operativa: Località Chianarile snc Area Industriale, 82010 San Martino Sannita (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso la Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 9 di 17
---	--	--	---

6 VERIFICHE RETI MT

6.1 Modalità e criterio 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 corti circuito ai nodi è effettuato con il software Neplan®, mediante un calcolo di load flow (con metodo Newton Raphson), 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.

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 il collegamento tra il gruppo di aerogeneratori e la cabina di raccolta (limite = 1%);
- Verifica della caduta di tensione delle linee MT per il collegamento tra il PCS e i quadri MT della stazione elettrica (limite = 1%);
- Verifica della caduta di tensione delle linee MT per il collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica (limite = 4%);

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;
- Carico linea di collegamento 85%.

6.2 Interpretazione dei risultati

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

Nelle colonne viene indicato con la sigla **N** ___ l'elemento nodo in bassa tensione, con la sigla **B** ___ l'elemento nodo in media tensione, con la sigla **A** ___ 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 - LOAD FLOW						
Element	Type	P	Ib	Loading	P Loss	P Fe
name		kW	A	%	kW	kW
T01	Macchina sincrona	-6000	4665,8			
T02	Macchina sincrona	-6000	4648,9			
T03	Macchina sincrona	-6000	4623,7			
T04	Macchina sincrona	-6000	4629,6			
T05	Macchina sincrona	-6000	4636,8			
T06	Macchina sincrona	-6000	4650,6			
T07	Macchina sincrona	-6000	4654,5			
TR01	Trasformatore 2 avv.	8400	4665,8	71,43	24,411	8,716
TR02	Trasformatore 2 avv.	8400	4665,8	71,43	24,411	8,716
TR03	Trasformatore 2 avv.	8400	4665,8	71,43	24,411	8,716
TR04	Trasformatore 2 avv.	8400	4665,8	71,43	24,411	8,716
TR05	Trasformatore 2 avv.	8400	4665,8	71,43	24,411	8,716
TR06	Trasformatore 2 avv.	8400	4665,8	71,43	24,411	8,716
TR07	Trasformatore 2 avv.	8400	4665,8	71,43	24,411	8,716
PCS1	Alimentazione rete	-2600	2256,4			
PCS2	Alimentazione rete	-2600	2256,4			
PCS3	Alimentazione rete	-2600	2256,4			
PCS4	Alimentazione rete	-2600	2256,4			
PCS5	Alimentazione rete	-2600	2256,4			
PCS6	Alimentazione rete	-2600	2256,4			
PCS7	Alimentazione rete	-2600	2256,4			
PCS8	Alimentazione rete	-2600	2256,4			
TR1-PCS1	Trasformatore 2 avv.	3000	2247,4	86,67	38,009	15,263
TR2-PCS2	Trasformatore 2 avv.	3000	2247,4	86,67	38,009	15,263

TR3-PCS3	Trasformatore 2 avv.	3000	2247,4	86,67	38,009	15,263
TR4-PCS4	Trasformatore 2 avv.	3000	2247,4	86,67	38,009	15,263
TR5-PCS5	Trasformatore 2 avv.	3000	2247,4	86,67	38,009	15,263
TR6-PCS6	Trasformatore 2 avv.	3000	2247,4	86,67	38,009	15,263
TR7-PCS7	Trasformatore 2 avv.	3000	2247,4	86,67	38,009	15,263
TR8-PCS8	Trasformatore 2 avv.	3000	2247,4	86,67	38,009	15,263
L3-5	Linea	5975,71	110,8	67,3	17,303	
L5-7	Linea	11934,08	221,9	80,77	46,977	
L7-CAB	Linea	17862,73	333,2	82,82	145,247	
L4-2	Linea	5975,69	110,9	67,39	25,324	
L2-CAB	Linea	11926,01	222,3	80,92	109,392	
L6-1	Linea	5975,63	111,5	67,69	19,905	
L1-CAB	Linea	11931,32	223,2	81,25	65,342	
LCAB-SEU	Linea	41400,07	777,8	84,95	1288,564	
LBESS1-EDU	Linea	2561,99	49,2	29,85	0,045	
LBESS2-EDU	Linea	2561,99	49,2	29,85	0,045	
LBESS3-EDU	Linea	2561,99	49,2	29,85	0,06	
LBESS4-EDU	Linea	2561,99	49,2	11,6	0,135	
LBESS5-EDU	Linea	2561,99	49,1	29,85	0,301	
LBESS6-EDU	Linea	2561,99	49,1	29,85	0,301	
LBESS7-EDU	Linea	2561,99	49,1	29,85	0,301	
LBESS8-EDU	Linea	2561,99	49,2	29,85	0,045	
LCABMT1-SEU	Linea	20494,8	394,8	83,04	5,096	
LCABMT2-SEU	Linea	20505,29	394,9	85,09	5,099	
TR AT/MT	Trasformatore 2 avv.	60615,99	1173,7	86,6	227,313	30,815
RTN	Alimentazione rete	60388,67	234,6			

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;

Ten Project

Sede legale ed operativa: Località Chianarile snc Area Industriale, 82010 San Martino Sannita (BN) - **Sede Operativa:** Via Alfonso la Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 12 di 17
---	--	--	--

- k_1 = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da quella di riferimento;
 k_2 = coefficiente di correzione che tiene conto del numero di circuiti affiancati (più cavi o più tubi);
 k_3 = coefficiente di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella di riferimento;
 k_4 = coefficiente di correzione per profondità di posa diversa da quella di riferimento.

Il valore di I_0 per i cavi in media tensione 30 kV ricavato dal datasheet dei fornitori (**Rif. Guida tecnica Prysmian**) è riferito alle seguenti condizioni (IEC 60502-2):

- temperatura del terreno 20°C;
- profondità di posa 0,8 m;
- resistività termica del terreno riportata sia ad 1°C*m/W che a 2°C*m/W;
- temperatura di funzionamento pari a 90 °C.

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

La distanza tra cavi è stata considerata pari a 7 cm qualora nello scavo siano presenti due cavi o 25 cm per 3 cavi, per più circuiti affiancati 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
7 cm	0.84	\
25 cm	\	0.78

Per i collegamenti tra i Container PCS ed il quadro MT con terne in tubi di polietilene ad alta densità, le tabelle del costruttore (**Rif. Guida tecnica Prysmian**) prevedono invece i seguenti coefficienti.

Tabella 4 - Coefficienti di derating della portata per più circuiti affiancati in tubi a contatto


Numero di cavi o terne (in orizzontale)		
2	3	4
0.82	0.69	0.61

In assenza di informazioni specifiche sulle caratteristiche termiche del terreno, variabili sulla base di diversi fattori (composizione, umidità, ecc...), è stata considerata una resistività termica pari a 2 °C*m/W per tutti i collegamenti. 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...).

È stata infine considerata una profondità di posa media pari a 1,2 m.

Ten Project

Sede legale ed operativa: Località Chianarile snc Area Industriale, 82010 San Martino Sannita (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso la Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 13 di 17
---	--	--	--

Per i dettagli sul percorso e le modalità di posa dei collegamenti interni ed esterni dell'impianto eolico, si rimanda all'elaborato di progetto ES.SUN01.PD.4.4.R00).

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 cavo MT a partire dai gruppi di aerogeneratori fino alla cabina di raccolta e da quest'ultima alla stazione elettrica di trasformazione.

Lo stesso vale, per i collegamenti tra i PCS ed il quadro MT relativamente alla caduta di tensione.

I valori delle tensioni ai nodi sono deducibili dal diagramma di Allegato 2.

Al fine di verificare la tenuta dei cavi al corto circuito, per le diverse sezioni saranno effettuati i seguenti calcoli. In particolare, secondo quanto previsto dalla normativa, sono stati calcolati i tempi di intervento massimi delle protezioni in caso di guasto trifase massimo, al fine di verificare il vincolo sull'energia passante per le sezioni scelte. La relazione è la seguente:

con:

- K: costante del cavo che dipende dal materiale di cui è costituito il conduttore, dall'isolamento e dalle temperature massime ammesse durante il servizio ordinario e in corto circuito [$A^2s^{1/2}/mm^2$];
- S: sezione del conduttore [mm^2];
- t: durata del guasto [s];
- I: corrente di corto circuito trifase [A].

In accordo alla Norma CEI 11-17 (Tab. 4.2.2), il valore di K considerato è pari a $92 A^2s^{1/2}/mm^2$ calcolato con temperatura iniziale e finale pari a $90^\circ C$ e $250^\circ C$ rispettivamente (cavo in Al con isolamento in polietilene reticolato XLPE). Il criterio di tenuta è stabilito sulla base del tempo ricavato dal tempo massimo di estinzione del guasto (t), il cui limite è stabilito pari a 1 s.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati di calcolo relativi alla portata effettiva, quelli relativi alla caduta di tensione di ciascuna tratta e la tenuta al cortocircuito considerando il massimo transito di potenza attiva.

Tabella 5 – Verifica della caduta di tensione.

node 1	node 2	Element name	mat	n	Tensione [kV]	Sez [mm ²]	Iz [A]	ΔU_n [%]	tmax [s]
B06	B01	L6-1	AI	1	30	95	164,6	0,3	>5
B01	CABR	L1-CAB	AI	1	30	240	274,7	0,5	>5
B04	B02	L4-2	AI	1	30	95	164,6	0,4	>5
B02	CABR	L2-CAB	AI	1	30	240	274,7	0,9	>5
B03	B05	L3-5	AI	1	30	95	164,6	0,3	>5
B05	B07	L5-7	AI	1	30	240	274,7	0,4	>5
B07	CABR	L7-CAB	AI	1	30	500	402,4	0,8	>5
BCABR	NMT1	LCABR-SEU	AI	2	30	630	915,6	3,1	>5
B08	NTM1	LBESS6-CABMT1	AI	1	30	95	160,7	0,1	>5
B09	NTM1	LBESS7-CABMT1	AI	1	30	95	160,7	0,1	>5
B10	NTM1	LBESS8-CABMT1	AI	1	30	95	160,7	0,1	>5
B11	NTM1	LBESS3-CABMT1	AI	1	30	95	160,7	0,1	>5
B12	NTM1	LBESS4-CABMT1	AI	1	30	95	160,7	0,1	>5
B13	NTM1	LBESS5-CABMT1	AI	1	30	95	160,7	0,1	>5
B14	NTM1	LBESS1-CABMT1	AI	1	30	95	160,7	0,1	>5
B15	NTM1	LBESS2-CABMT1	AI	1	30	95	160,7	0,1	>5

Come si evince dalla tabella il valore della C.d.T. relativa alle linee MT di ogni collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta è inferiore al 1% previsto nei criteri di verifica descritti nel paragrafo 6.1. Il valore della C.d.T. relative alle linee MT del collegamento tra il PCS e i quadri MT della stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV è inferiore al 1% previsto nei criteri di verifica descritti nel paragrafo 6.1. Il valore della C.d.T. relative alle linee MT del collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV è inferiore al 4% previsto nei criteri di verifica descritti nel paragrafo 6.1.

6.6 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 e del trasformatore elevatore, nelle condizioni di progetto previste.

La tabella 6 riporta le perdite complessive per impianto eolico:


	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 15 di 17
---	--	--	--

Tabella 6 - Perdite complessive


IMPIANTO EOLICO - SOMMARIO				
	N.	P TOT	kW	
WTG	9		62000	
ACCUMULO	16			
Un	Perdite Linee		Perdite trasformatori	
kV	kW	%	kW	%
30	1719,5	2,77%	464,55	0,7%
150	0		227,3	0,37%
Perdite totali impianto				
kW	2411,35	%	3,89%	

Come si evince dalla tabella, il valore delle perdite totali delle linee MT è pari a 2,77%, inferiore al 4% previsto.

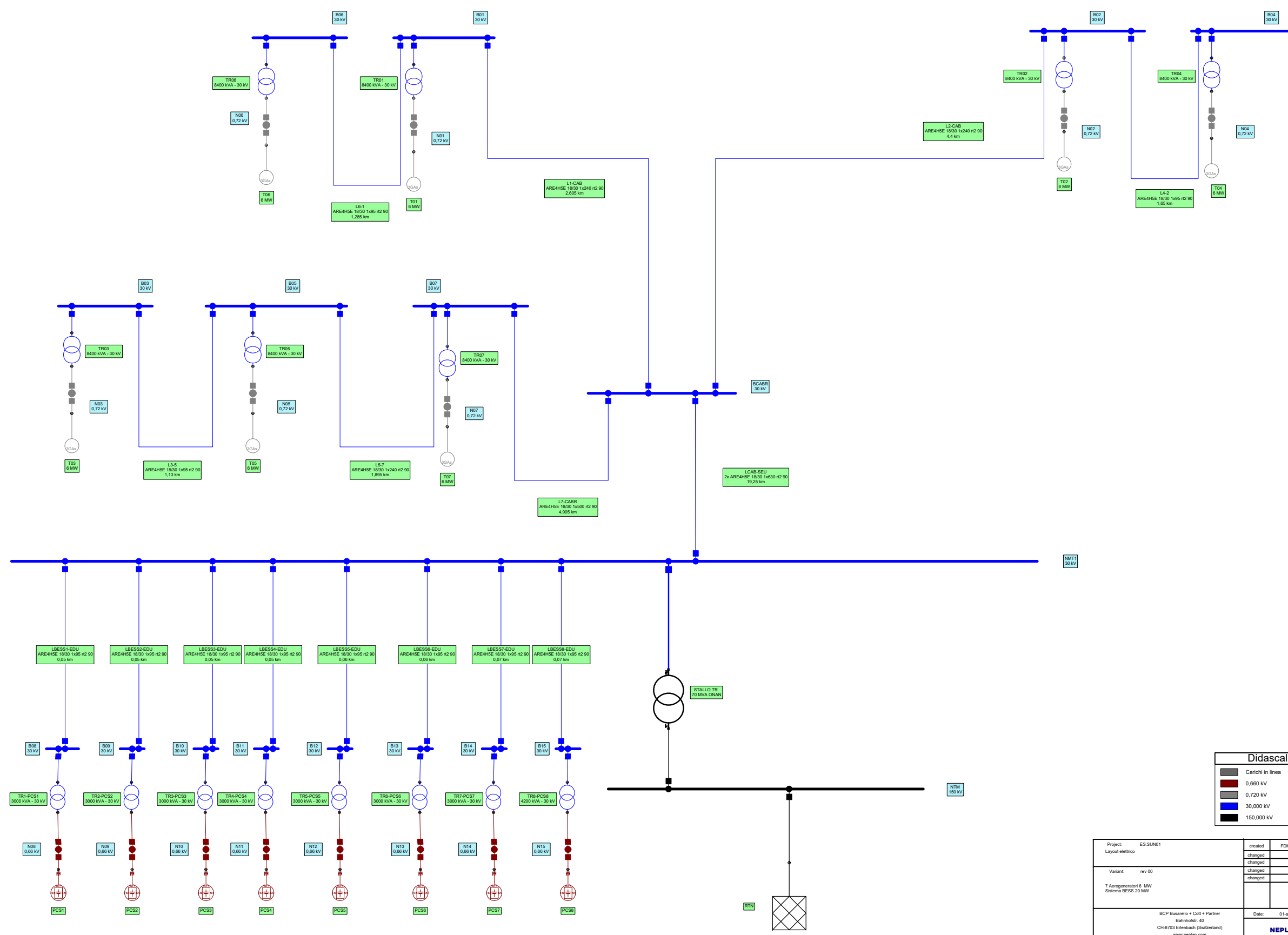
Complessivamente considerando le perdite dei trasformatori di ciascun aerogeneratore, le perdite del trasformatore del PCS e del trasformatore di stazione il valore di perdite complessive raggiunge il 3,89%.

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

Si fa presente che il calcolo delle perdite sopra esposto non tiene conto delle perdite intrinseche dell'impianto eolico.

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CACOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 16 di 17
---	---	--	--


ALLEGATO 1 RETE ELETTRICA



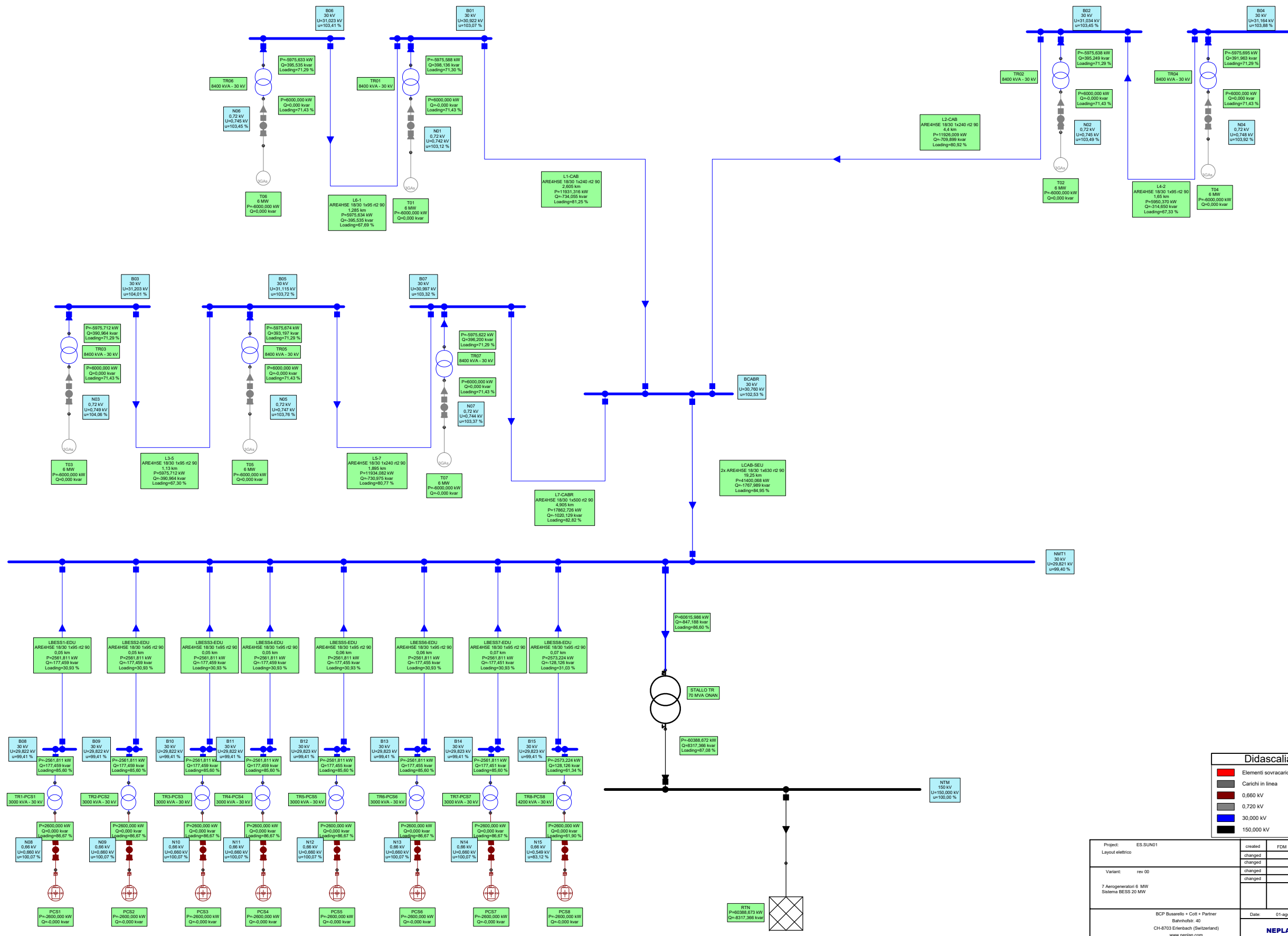
Didascalìa

	Carichi in linea
	0.660 kV
	0.720 kV
	30,000 kV
	150,000 kV

Project:	ES.SUN01	created	FDM	FDM
Layout elettrico		changed		
Variant:	rev 00	changed		
7 Aerogeneratori 6 MW Sistema BESS 20 MW		changed		
BCP Busarello + Cati + Partner Bahnhofstr. 40 CH-8703 Erlenbach (Switzerland) www.neplan.com	Date:	01-ago-2023		
		NEPLAN		

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.2 00 01/08/2023 02/08/2023 17 di 17
---	--	--	--

ALLEGATO 2 LOAD FLOW



Didascalia	
■	Elementi sovraccarichi
■	Carichi in linea
■	0.720 kV
■	30.000 kV
■	150.000 kV

Project	ES_SUN1	created	FDM	FDM
Layout elettrico		changed		
Variant:	rev 00	changed		
7 Aerogeneratori 6 MW Sistema BESS 20 MW		changed		
BCP Business & City - Partner Bahnhofstr. 40 CH-8703 Erlenbach (Switzerland) www.neplan.com		Date:	01-ago-2023	
NEPLAN				