

Regione BASILICATA

Provincia di Matera

COMUNE di IRSINA



IMPIANTO EOLICO "Sant'Eufemia"

PROGETTO DEFINITIVO

Cod. Prog : IRS 2

Cod. Elab.: A.11.b

SCALA = -

DATA: Ottobre 2023

Relazione di calcolo e dimensionamento MT

PROPONENTE

WINDERG

Winderg s.r.l.

via Trento, 64

20871 - Vimercate (MB)

P.IVA 04702520968

WINDERG s.r.l.
Presidente e Amministratore Delegato
Dott. Michele Giambelli

INCARICO



INGEGNERIA - ARCHITETTURA
TOPOGRAFIA

Via Enrico Fermi, 38

85021 Avigliano (PZ)

Tel. 0971.700637

mail: adr_srls@virgilio.it

A.U : Ing. Rocco Sileo

A.D.R. srls

Via Enrico Fermi, 38

85021 AVIGLIANO (PZ)

C.F. e P.IVA 02022800763

CONSULENTE PER AdR



sede legale e operativa

San Martino Sannita (BN) Località Chianarile snc Area Industriale

sede operativa

Lucera (FG) via A. Alfonso La Cava, 114

P.IVA 01465940623

Azienda con sistema gestione

qualità Certificato N. 5010011873



Dott. Ing. Nicola Forte



Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	03/10/2023	I emissione	FDM	FDM	NF

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/10/2023 04/10/2023 00 1 di 16
---	--	---	---

1. INTRODUZIONE	2
2. DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO	2
3. CONDIZIONI AMBIENTALI DI PROGETTO	2
4. SISTEMA ELETTRICO	3
4.1 DESCRIZIONE GENERALE	3
4.2 DATI DI IMPIANTO	4
5. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI	6
5.1 CARATTERISTICHE ELETTRICHE	6
5.2 TENSIONE DI ISOLAMENTO DEL CAVO.....	6
5.3 TEMPERATURE MASSIME DI ESERCIZIO E DI CORTOCIRCUITO	6
5.4 CARATTERISTICHE FUNZIONALI E COSTRUTTIVE	6
5.4.1 Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno)	6
5.5.1 Collegamenti impianto eolico (interno ed esterno).....	6
5.5.2 Collegamenti MT interni alla stazione elettrica.....	7
5.5 ACCESSORI	7
6. VERIFICA RETE MT	9
6.1 MODALITÀ E CRITERI 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.....	12
7. RISULTATI DI CALCOLO	13
7.1 VERIFICA DELLE PERDITE.....	13

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 2 di 16
---	--	---	---

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano i calcoli di verifica dei cavi MT mediante calcolo di Load Flow, nell'ambito della progettazione definitiva dell'impianto eolico denominato "San Eufemia" proposto dalla società Winderg s.r.l. da realizzarsi nel comune di Irsina, provincia di Matera (MT).

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.

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 3 di 16
---	--	---	---

4. SISTEMA ELETTRICO

4.1 Descrizione generale

Il presente progetto è relativo alla costruzione di un Impianto Eolico per la produzione di energia elettrica da fonte eolica. Tale impianto denominato “Santa Eufemia” sarà realizzato nel comune di Irsina (MT). Esso prevede l’installazione di n.7 aerogeneratori da 7,2 MW, per una potenza complessiva pari a 50,4 MW. Proponente dell’iniziativa è la società Winderg s.r.l..

In particolare, l’impianto eolico è costituito da 7 aerogeneratori da 7200 kW per una potenza nominale complessiva di 29,40 MW. In dettaglio l’impianto presenta:

- 7 aerogeneratori ad asse orizzontale;
- 7 cabine di trasformazione poste all’interno della torre;
- Cavidotto interrato MT (18/30 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori, tra questi e la stazione elettrica di trasformazione;
- Una linea in fibra ottica che collega tra di loro gli aerogeneratori e la stazione elettrica di trasformazione per il telecontrollo del parco eolico

L’energia elettrica viene prodotta da ogni singolo aerogeneratore in bassa tensione (720 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 da questi ultimi mediante una linea in cavo interrato alla sezione in media tensione della stazione di trasformazione.

Gli aerogeneratori del parco eolico in oggetto, ciascuno di potenza attiva pari a 7.2 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 “A.16.b.7”).

Il collegamento alla RTN stazione di smistamento 150 kV del parco eolico appena descritto sarà eseguito mediante la realizzazione di una stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV da collegare alla stazione elettrica 30/150 kV “Gallo 2” con la quale condivide le opere di rete.

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 4 di 16
---	--	---	---

4.2 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 40 kA

GENERATORI SINCRONI

- Tensione nominale 0.72 kV
- Potenza nominale 7200 kW
- Corrente rotore bloccato 1.22 In

TRASFORMATORI MT/BT

- Potenza nominale 8400 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.72 kV
- Tensione di c.to c.to 9 %
- Perdite nel ferro 8.2 kW
- Collegamento Dyn 5
- Regolazione $\pm 2 \times 2.5$ %

TRASFORMATORE MT/AT

- Potenza nominale 95 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 50 kVA
- Rapporto nominale $30 \pm 2 \times 2.5\%$ / 0.4 kV

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 Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 5 di 16
---	--	---	---

- | | |
|---|---------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Tensione di c.to c.to • Collegamento • Isolamento • Raffreddamento | 4 %
Dyn11
olio minerale
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	WTG7- WTG6	95	Al	1270
	WTG6- WTG5	400	Al	2645
	WTG5 - SE	630	Al	20670
GRUPPO 2	WTG4 - WTG3	95	Al	800
	WTG3 - SE	400	Al	16540
GRUPPO 3	WTG2 - WTG1	95	Al	3060
	WTG1 - SE	400	Al	12600

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

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 6 di 16
---	--	---	---

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 interrate, per il collegamento di potenza tra gli aerogeneratori e tra questi ultimi e la stazione elettrica, sono 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.

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 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

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 7 di 16
---	--	---	---

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 direttamente sullo strato di sabbia;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Ulteriore strato di sabbia per complessivi 20 cm;
- Posa di tritubo in PEHD del diametro esterno di 50 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 mm² per la messa a terra dell'impianto.

Nel dettaglio le sezioni di posa del cavidotto sono riportate nell'elaborato di progetto "A.16.a.19.1_15"

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, 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).

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 8 di 16
---	--	---	---

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".

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 9 di 16
---	--	---	---

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 dell'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.

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.

Dall'analisi dei valori ottenuti dalla risoluzione dei problemi del load flow, 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 = 3%);
- 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 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;

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 10 di 16
---	--	---	--

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 **A** ___ l'elemento nodo in media tensione, con la sigla **B** ___ 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

Element name	Type	P kW	Ib A	Loading %	P Loss kW	P Fe kW
WTG1	synchronous Machine	-7200	5671,6			
WTG2	synchronous Machine	-7200	5618			
WTG3	synchronous Machine	-7200	5636			
WTG4	synchronous Machine	-7200	5622,1			
WTG5	synchronous Machine	-7200	5599,2			
WTG6	synchronous Machine	-7200	5576,8			
WTG7	synchronous Machine	-7200	5555,4			
L7-6	Line	7168,89	133,2	80,88	28,087	
L6-5	Line	14309,58	266,8	75,25	61,474	
L5-SE	Line	21416,78	400,7	87,52	735,523	
L4-3	Line	7168,56	134,8	81,86	18,125	
L3-SE	Line	14318,92	269,8	76,12	391,649	
L2-1	Line	7168,58	134,7	81,8	69,147	
L1-SE	Line	14267,73	270,4	76,28	300,064	
TR01	2W Transformer	-8400	5671,6	85,62	31,697	9
TR02	2W Transformer	-8400	5671,6	85,62	31,697	9
TR03	2W Transformer	-8400	5671,6	85,62	31,697	9
TR04	2W Transformer	-8400	5671,6	85,62	31,697	9
TR05	2W Transformer	-8400	5671,6	85,62	31,697	9
TR06	2W Transformer	-8400	5671,6	85,62	31,697	9
TR07	2W Transformer	-8400	5671,6	85,62	31,697	9
TR	2W Transformer	48576,19	937,1	51,14	98,273	31
RTN	Feeder	48477,92	187,3			

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 11 di 16
---	--	---	--

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

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

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 12 di 16
---	--	---	--

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*.

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 13 di 16
---	--	---	--

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 [%]
B7	B6	WTG7-WTG6	Al	1	95	164.6	0.4
B6	B5	WTG6-WTG5	Al	1	400	354.4	0.3
B5	NMT1	WTG5-SE	Al	1	630	457.8	3.3
B4	B3	WTG4-WTG3	Al	1	95	164.6	0.9
B3	NMT1	WTG3-SE	Al	1	400	354.4	2.7
B2	B1	WTG2-WTG1	Al	1	95	164.6	1.0
B1	NMT1	WTG1-SE	Al	1	400	354.4	2.0

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 aerogeneratori e stazione elettrica è inferiore al 4% al valore previsto nei criteri di verifica descritti nel paragrafo 6.1.**

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 Winderg s.r.l.:

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 14 di 16
---	--	---	--

Tabella 5 - Perdite complessive

IMPIANTO EOLICO - SOMMARIO				
	<i>N.</i>		<i>kW</i>	
WTG	7	P TOT	50400	
Un	Perdite Linee		Perdite trasformatori	
<i>kV</i>	<i>kW</i>	%	<i>kW</i>	%
30	1604,07	3,18%	219,74	0,4%
150	0		98,27	0,19%
Perdite totali impianto				
<i>kW</i>	1922,08	%	3,81%	

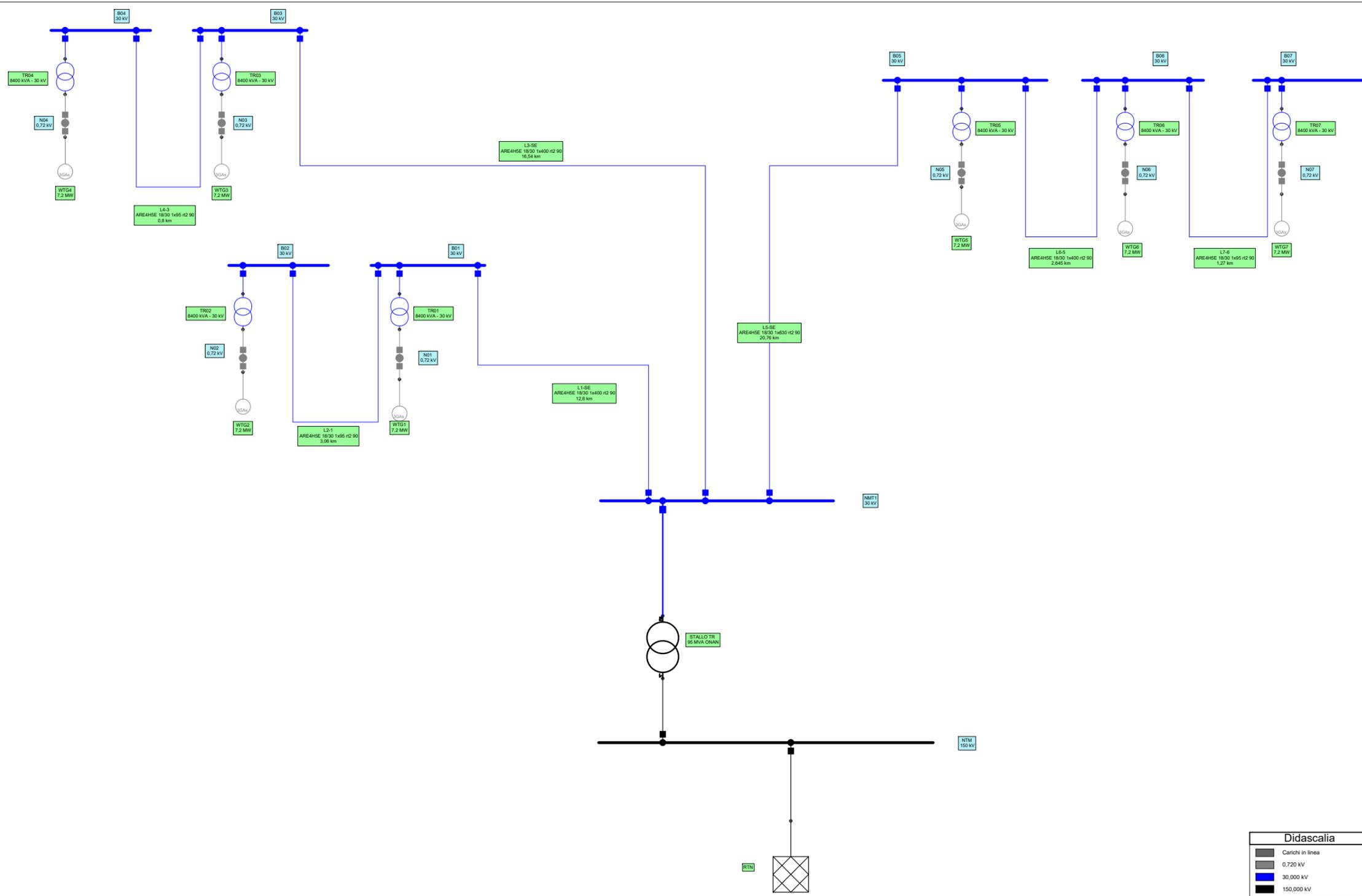
Come si evince dalla tabella, il valore delle perdite totali delle linee MT è pari a 3.18%, inferiore al 4% previsto.

Complessivamente considerando le perdite dei trasformatori di ciascun aerogeneratore e del trasformatore di stazione il valore di perdite complessive raggiunge il 3.81%.

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

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 15 di 16
---	--	---	--

ALLEGATO 1
RETE ELETTRICA

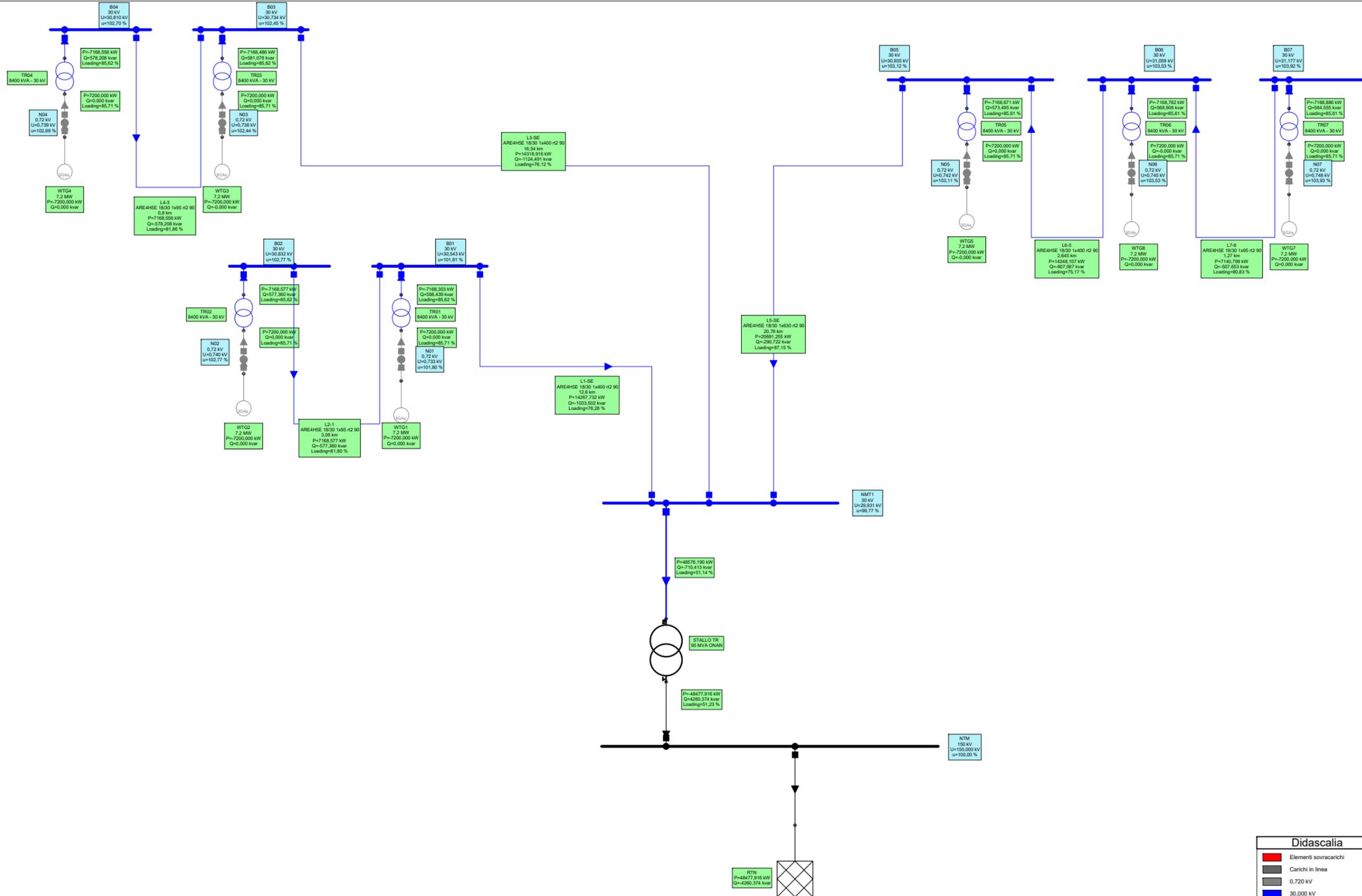


Didascalìa	
	Carichi in linea
	0.720 kV
	30.000 kV
	150.000 kV

Project: IRS02	created	FDM	FDM
Layout elettrico	changed		
	changed		
Variant: rev 00	changed		
	changed		
7 Aerogeneratori 7.2 MW			
BCP Busarello + Cott + Partner Bahnhofstr. 40 CH-8700 Erlenbach (Switzerland) www.neplan.com	Date:	05-oct-2023	
	NEPLAN		

 TENPROJECT	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	SE.IRS02.PD.A.11.b 02/04/2023 04/04/2023 00 16 di 16
---	--	---	--

ALLEGATO 2
CALCOLO LOAD FLOW



Didasclia	
■	Elementi sovcaricchi
■	Carichi in linea
■	0,720 kV
■	30,000 kV
■	150,000 kV

Project: IRS02	created	FDM	FDM
Layout elettrico	changed		
Version: rev 00	changed		
7 Aerogeneratori 7.2 MW	changed		
BCP Busarello + Cot + Partner Bahnhofstr. 40 CH-8703 Erlenbach (Schweizland) www.neplan.com		Date: 05-08-2023	NEPLAN