

PROPONENTE

Repower Renewable Spa

Via Lavaredo, 44
30174 Mestre (VE)

PROJECT MANAGER : Dott.Giuseppe Caricato



PROGETTAZIONE



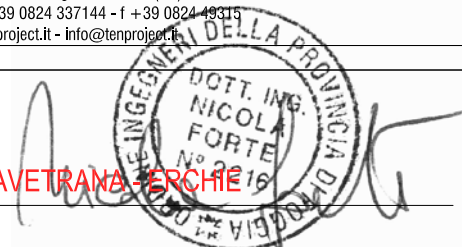
Tenproject Srl -via De Gasperi 61
82018 S.Giorgio del Sannio (BN)
t +39 0824 337144 - f +39 0824 493119
tenproject.it - info@tenproject.it

N° COMMESSA

1459

NUOVO PARCO EOLICO "VEGLIE "
PROVINCIE DI LECCE - TARANTO - BRINDISI
COMUNI DI SALICE SALENTINO - NARDO' - PORTO CESAREO - AVETRANA - FERCHIE

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE



RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO RETE MT

CODICE ELABORATO

10.2

NOME FILE

1459-PD_A_10.2_REL_r00

00	05/2021	PRIMA EMISSIONE	AC	MO	NF
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
2	DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO	2
3	CONDIZIONI AMBIETALI 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	7
5.4.1	Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno)	7
5.4.2	Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno)	7
5.4.3	Collegamenti MT interni alla stazione elettrica.....	8
5.5	Accessori.....	8
6	VERIFICHE RETI MT	9
6.1	Modalità e criterio di calcolo elettrico	9
6.2	Interpretazione dei risultati	9
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.....	14
8	CARATTERISTICHE TECNICHE FIBRA OTTICA.....	15
8.1	Specifiche tecniche	15
8.2	Modalità di posa	15
8.3	Calcolo Attenuazione	16
9	CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	17
9.1	Metodologia di calcolo.....	17
9.2	Superfici di calcolo	18
9.3	CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ESTERNO	20
9.4	Circuiti di alimentazione	20
9.5	ANALISI DEI RISULTATI.....	20
9.6	Risultati nelle zone di lavoro	22

1 INTRODUZIONE

Il progetto in oggetto della presente relazione riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da sette aerogeneratori della potenza di 6,0 MW ciascuno, per una potenza complessiva di 42 MW, comprensivo di un sistema di accumulo con batterie agli ioni di litio di potenza pari a 15,20 MW, per una potenza complessiva di 57,20 MW, da installare nel comune di Avetrana (TA), Salice Salentino (LE), Nardò (LE) e Porto Cesareo (LE) in località "Il Canalone" e con opere di connessione ricadenti anche nel comune di Erchie (BR).

Proponente dell'iniziativa è la società Repower Renewable SpA.

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

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 Descrizione generale

Il progetto prevede l'installazione di 7 aerogeneratori ognuno di potenza nominale pari a 6,00 MW per una potenza complessiva dell'impianto di 42 MW. L'aerogeneratore previsto in progetto è il modello V150 - 6.0 MW della Vestas con altezza al mozzo pari a 125 metri e diametro del rotore pari a 150 metri.

Gli aerogeneratori, denominati con le sigle A01, A02, A03, A04, A05, A06, A07 ricadono sul territorio di Avetrana (TA), Salice Salentino (LE), Nardò (LE) e Porto Cesareo (LE) in località "Il Canalone".

La SE di utenza e le opere di collegamento ricadono nel comune di Erchie (BR), in prossimità della SE RTN 380/150 kV di Terna SpA (rif. elaborati sezione 1).

L'area d'impianto si sviluppa su una zona pianeggiante che affaccia ad est del centro abitato di Avetrana e a sud di San Pancrazio.

Gli aerogeneratori sono collegati tra di loro per gruppi mediante un cavidotto in media tensione interrato (detto "cavidotto interno"). Il gruppo costituito dagli aerogeneratori A01, A02 e A03 è collegato ad una cabina di raccolta prevista nei pressi dell'aerogeneratore denominato A01; il gruppo degli aerogeneratori A04, A05, A06 e A07 è collegato ad una cabina di raccolta prevista nei pressi dell'aerogeneratore denominato A04. Dalle cabine di raccolta parte il cavidotto interrato (detto "cavidotto esterno") per il collegamento dell'impianto alla sottostazione di trasformazione 30/150 kV di progetto (in breve SE di utenza o stazione di utenza), prevista in agro di Erchie (BR). Il cavidotto esterno segue per la quasi totalità strade comunali e vicinali. Il cavidotto interno sarà realizzato lungo la viabilità esistente e di nuova realizzazione prevista a servizio dell'impianto eolico.

La SE di utenza sarà collegata in antenna a 150 kV sulla sezione 150 kV della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di Erchie (BR).

All'interno della stazione utente 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 15,20 MW (25 MWh) con soluzione containerizzata, composto sostanzialmente da:

- 8 Container Batterie HC ISO con relativo sistema HVAC ed impianti tecnologici (sistema rilevazione e spegnimento incendi, sistema antintrusione, sistema di emergenza) Pannelli Rack per inserimento moduli batterie e relativi sistemi di sconnessione Sistema di gestione controllo batterie;
- 4 Container PCS HC ISO ognuno dotato di unità inverter Bidirezionale e relativi impianti tecnologici per la corretta gestione ed utilizzo; completo di quadri servizi ausiliari e relativi pannelli di controllo e trasformazione BT/MT.

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 20 kA

GENERATORI

- Tensione nominale 0.72 kV
- Potenza nominale 6000 kW
- Corrente rotore bloccato 1.45 In

TRASFORMATORI MT/BT WTG

- Potenza nominale 7000 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.72 kV
- Tensione di c.to c.to 9,9 %
- Perdite nel ferro 3,7 kW
- Collegamento Dyn 11
- Regolazione $\pm 2 \times 2.5$ %

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

- Potenza nominale 4200 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.55 kV
- Tensione di c.to c.to 8 %
- Perdite nel ferro 15 kW

TRASFORMATORE MT/AT

- Potenza nominale 63 MVA
- Rapporto nominale $150 \pm 12 \times 1.25\%$ / 31 kV
- Tensione di c.to c.to 14 %
- Perdite nel ferro 31 kW

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

- Collegamento YNd11
- Isolamento olio minerale
- Raffreddamento ONAN-ONAF

TRASFORMATORE SA

- Potenza nominale 50 kVA
- Rapporto nominale $30 \pm 2 \times 2.5\% / 0.4 \text{ kV}$
- 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	A05 – A06	95	Al	2012
	A06 – CAB1	240	Al	2171
	A07 – A04	95	Al	2231
	A04-CAB1	240	Al	131
	CAB1-SSE	630	Al	10027
GRUPPO 2	A03 – A02	95	Al	2200
	A02-A01	240	Al	1999
	A01-CAB2	630	Al	205
	CAB2-SSE	630	Al	9830
ACCUMULO	BESS1-SSE	95	Al	55
	BESS2-SSE	95	Al	70
	BESS3-SSE	95	Al	85
	BESS4-SSE	95	Al	70

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.

Nel dettaglio le sezioni di posa del cavidotto sono riportate nell'elaborato di progetto (Consultare l'elaborato GE.VGL01.PD.3.3).

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.

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	10.2 00 24/05/2021 24/05/2021 7 di 26
---	--	--	---

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 la cabina di raccolta e tra quest'ultima 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, tra quadri e trasformatore AT/MT e tra container PCS HC ISO e quadri MT all'interno della stazione elettrica di trasformazione.


5.4.2 Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno)

Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta e tra quest'ultima 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 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, 240, 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 le cabine di campo 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 GE.VGL02.PD.3.3.

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	10.2 00 24/05/2021 24/05/2021 8 di 26
---	--	--	---

5.4.3 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 medesima modalità di posa verrà eseguita per i cavi di collegamento in media tensione tra i 4 Container PCS HC ISO ed il quadro MT.

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.

5.5 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.

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".

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 corto 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 = 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 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.

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 **M**___ 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 VEGLIE - LOAD FLOW						
Element	Type	P	Ib	Loading	P Loss	P Fe
name		kW	A	%	kW	kW
A05	Macchina asincrona	-6000	4669,3			
A06	Macchina asincrona	-6000	4693,4			
A07	Macchina asincrona	-6000	4685,9			
A04	Macchina asincrona	-6000	4713			
A03	Macchina asincrona	-6000	4687,6			
A02	Macchina asincrona	-6000	4714,3			
A01	Macchina asincrona	-6000	4733,7			
BESS1	Alimentazione rete	-3800	3962,7			
BESS2	Alimentazione rete	-3800	3962,6			
BESS3	Alimentazione rete	-3800	3962,5			
BESS4	Alimentazione rete	-3800	3962,6			
TR05	Trasformatore 2 avv.	6000	4669,3	85,71	30,95	8,702
TR06	Trasformatore 2 avv.	6000	4693,4	85,71	31,092	8,613
TR07	Trasformatore 2 avv.	6000	4685,9	85,71	31,048	8,64
TR04	Trasformatore 2 avv.	6000	4713	85,71	31,209	8,542
TR03	Trasformatore 2 avv.	6000	4687,6	85,71	31,058	8,634
TR02	Trasformatore 2 avv.	6000	4714,3	85,71	31,217	8,537
TR01	Trasformatore 2 avv.	6000	4733,7	85,71	31,335	8,467
TRB1	Trasformatore 2 avv.	3800	3962,7	90,48	40,145	15,138
TRB2	Trasformatore 2 avv.	3800	3962,6	90,48	40,144	15,139
TRB3	Trasformatore 2 avv.	3800	3962,5	90,48	40,144	15,14
TRB4	Trasformatore 2 avv.	3800	3962,6	90,48	40,144	15,139
LA05-A06	Linea	5969,05	111,9	66,39	31,4	
LA06-CAB1	Linea	11906,56	224,2	79,74	54,967	
LA07-A04	Linea	5968,95	112,3	66,62	35,063	
LA04-CAB1	Linea	11902,68	225,1	80,04	3,344	
LA03-A02	Linea	5968,94	112,3	66,65	34,602	
LA02-A01	Linea	11903,12	225,2	80,07	51,037	
LA01-CAB2	Linea	17820,75	338,4	72,2	5,204	
LBESS1-SSE	Linea	3759,85	72,4	53,5	0,359	
LBESS2-SSE	Linea	3759,86	72,4	53,5	0,457	
LBESS3-SSE	Linea	3759,86	72,4	53,5	0,555	
LBESS4-SSE	Linea	3759,86	72,4	53,5	0,457	

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	10.2 00 24/05/2021 24/05/2021 11 di 26
---	--	--	--

LCAB1-SSE	Linea	23750,92	449,1	93,64	447,242	
LCAB2-SSE	Linea	17815,54	338,4	83,91	248,759	
RTN	Alimentazione rete	55673,77	217,5			
TR AT/MT	Trasformatore 2 avv.	55908,06	1074,6	88,85	234,29	31,868

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 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 ricavato dalle tabelle del fornitore ed 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 stata considerata 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, dove la distanza tra le terne considerata è 7 o 25 cm per i collegamenti tra aerogeneratori e tra quest'ultimi e la stazione elettrica di trasformazione, 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	5
7 cm	0.84	0.74	0.67	0.69
25 cm	0.86	0.78	0.74	0.71

	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	10.2 00 24/05/2021 24/05/2021 12 di 26
---	--	--	--

Per i collegamenti tra i 4 Container PCS HC ISO ed il quadro MT con terne in tubi di polietilene ad alta densità, le tabelle del costruttore 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

Per i dettagli sul percorso e le modalità di posa dei collegamenti interni ed esterni dell'impianto eolico, si rimanda all'elaborato di progetto GE.VGL01.PD.3.3.

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 5 – Portata effettiva, caduta di tensione di ciascuna tratta.

node 1	node 2	Element name	mat	n	sec [mm ²]	Iz [A]	ΔU_n [%]
M05	M06	LA05-A06	Al	1	95	168,6	0,5
M06	CAB1	LA06-CAB1	Al	1	240	281,2	0,4
M07	M04	LA07-A04	Al	1	95	168,6	0,6
M04	CAB1	LA04-CAB1	Al	1	240	281,2	0
M03	M02	LA03-A02	Al	1	95	168,6	0,6
M02	M01	LA02-A01	Al	1	240	281,2	0,4
M01	CAB2	LA01-CAB2	Al	1	630	468,7	0
CAB1	NMT	LCAB1-SSE	Al	1	630	479,6	1,8
CAB2	NMT	LCAB2-SSE	Al	1	630	403,3	1,3
MB1	NMT	LBESS1-SSE	Al	1	95	135,2	0
MB2	NMT	LBESS2-SSE	Al	1	95	135,2	0
MB3	NMT	LBESS3-SSE	Al	1	95	135,2	0
MB4	NMT	LBESS4-SSE	Al	1	95	135,2	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 cabina di smistamento e cabina di smistamento e stazione elettrica è inferiore al 4% 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 6 riporta le perdite complessive per impianto eolico:

Tabella 6 - Perdite complessive

IMPIANTO EOLICO VEGLIE - SOMMARIO					
	<i>N.</i>	P TOT	<i>kW</i>		
WTG	7		57200		
ACCUMULO	4				

Un	Perdite Linee		Perdite trasformatori	
<i>kV</i>	<i>kW</i>	%	<i>kW</i>	%
30	913,446	1,60%	499,177	0,87
150	0		266,158	0,47%

Perdite totali impianto			
<i>kW</i>	1678,781	%	2,93%

Come si evince dalla tabella, il valore delle perdite totali delle linee MT è pari a 1,60%, 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 2,93%.

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

8 CARATTERISTICHE TECNICHE FIBRA OTTICA

8.1 Specifiche tecniche

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche del cavo a fibra ottica per la comunicazione tra gli aerogeneratori e tra questi ultimi e la ss.ne utente.

Da specifica degli aerogeneratori la fibra ottica da utilizzare è la seguente:

Tabella 7 – Caratteristiche FO

Type of cable	Core/Cladding diameter	Max. Attenuation	Max. Dispersion (SM)	Switch power budget ¹⁾	Max. length ²⁾
Single-mode	9/125 μ m	1300 nm:0.4 dB/km	3.5 ps/nm*km	16 dB	32500 m
		1550 nm:0.25 dB/km	19 ps/nm*km	29 dB	86600 m

Tutte le apparecchiature in fibra (interruttori, convertitori, ecc.) come previsto dalla specifica funzionano a 1300 nm - ad eccezione delle apparecchiature a lungo raggio che operano a 1550 nm.

I cavi in fibra ottica dovranno essere terminati su appositi "cassetti ottici" e l'attestazione dovrà avvenire secondo il seguente schema di massima:

- Posa del cavo, da terra al relativo cassetto ottico, previa eliminazione della parte eccedente, con fissaggio del cavo o a parete o ad elementi verticali con apposite fascette, ogni 0,5 m circa;
- Sbucciatura progressiva del cavo, da eseguire "a regola d'arte";
- Fornitura ed applicazione, su ciascuna fibra ottica, di connettore;
- Fissaggio di ciascuna fibra ottica.

8.2 Modalità di posa

I cavi in fibra ottica saranno allettati direttamente nello strato di sabbia.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- Posa diretta in tubazioni: I cavi saranno posizionati all'interno di tubi protettivi flessibili (tubi corrugati).
- Sforzi di tiro per la posa: Durante le operazioni di posa, lo sforzo di tiro che può essere applicato a lungo termine sarà al massimo di 3000 N.
- Raggi di curvatura: Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm

Durante le operazioni di posa è indispensabile che il cavo non subisca deformazioni temporanee. Il rispetto dei limiti di piegatura e tiro è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra durante le operazioni di posa. Se inavvertitamente il cavo subisce deformazioni o schiacciamenti visibili, la posa deve essere interrotta e dovrà essere effettuata una misurazione con OTDR per verificare eventuali rotture o attenuazioni eccessive provocate dallo stress meccanico.

Nel caso che il cavo subisca degli sforzi di taglio pronunciati, con conseguente rottura della guaina esterna, deve essere segnalato il punto danneggiato e si potrà procedere alla posa del cavo dopo aver preventivamente isolato la parte di guaina lacerata con nastro gommatto vulcanizzante tipo 3M.

Lo schema di collegamento della fibra ottica è riportato nell'allegato 3.

8.3 Calcolo Attenuazione

Idealmente, le fibre ottiche sono un mezzo di trasmissione perfetto. Infatti, oltre a non risentire in nessun modo di disturbi elettromagnetici o di diafonia, se strutturate adeguatamente per garantire la riflessione totale del segnale d'ingresso, teoricamente, permettono di trasferire completamente la potenza in ingresso nell'uscita. In pratica, però, intervengono dei fenomeni fisici che causano comunque attenuazione della potenza lungo la fibra; tali perdite, solitamente valutate statisticamente in termini di attenuazione specifica ovvero in dB/km, sono dovute a:

- Proprietà intrinseche del mezzo;
- Presenza di impurità all'interno del materiale;
- Specifiche delle guide dielettriche aperte.

Nella tabella sottostante si riportano i valori di attenuazione ottenuti simulando il funzionamento dell'impianto di produzione.

Tabella 8 – Calcolo attenuazione del progetto

Perdite delle giunzioni (dB) :	0,1
Perdite dei connettori (dB) :	0,3
Margine di sicurezza (dB) :	3

Max attenuazione SM (dB):	16
---------------------------	----

Percorso	Tipo di fibra	Lunghezza della fibra (m)	Perdita fibra (dB/m)	Connettori	Giunzioni	Lunghezza extra per il montaggio (m)	Lunghezza totale della fibra (m)	Attenuazione (dB)
A07-A04	SM	2231	0,00037	2	2	20	2251	1,6
A04-CAB1	SM	131	0,00037	2	1	20	151	0,8
A05-A06	SM	2012	0,00037	2	2	20	2032	1,6
A06-CAB1	SM	2171	0,00037	2	2	20	2191	1,6
A03-A02	SM	2200	0,00037	2	2	20	2220	1,6
A02-A01	SM	1999	0,00037	2	2	20	2019	1,5
A01-CAB2	SM	205	0,00037	2	1	20	225	0,8
CAB1-SE	SM	10027	0,00037	2	6	20	10047	4,9
CAB2-SE	SM	9830	0,00037	2	5	20	9850	4,7
Attenuazione totale (dB)								19,165

9 CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

9.1 Metodologia di calcolo

Il metodo utilizzato per il calcolo illuminotecnico dell'impianto di illuminazione è definito "punto per punto". Quest'ultimo permette di verificare l'illuminamento richiesto a partire da:

- Dati caratteristici degli apparecchi da utilizzare (intensità luminosa ϕ e direzionale normalizzata);
- Altezza utile di installazione h [m];
- Illuminamento puntuale E_n prodotto dalla sorgente puntiforme;
- Angolo di visuale del punto rispetto l'apparecchio;

Nota l'intensità luminosa emessa dalla sorgente nella direzione individuata dalla congiungente la sorgente con un punto n su di una superficie varia con il quadrato della distanza fra sorgente e superficie e vale, sul piano perpendicolare al raggio, si può valutare l'illuminamento in n con la relazione:

$$E_n = \phi / r^2$$

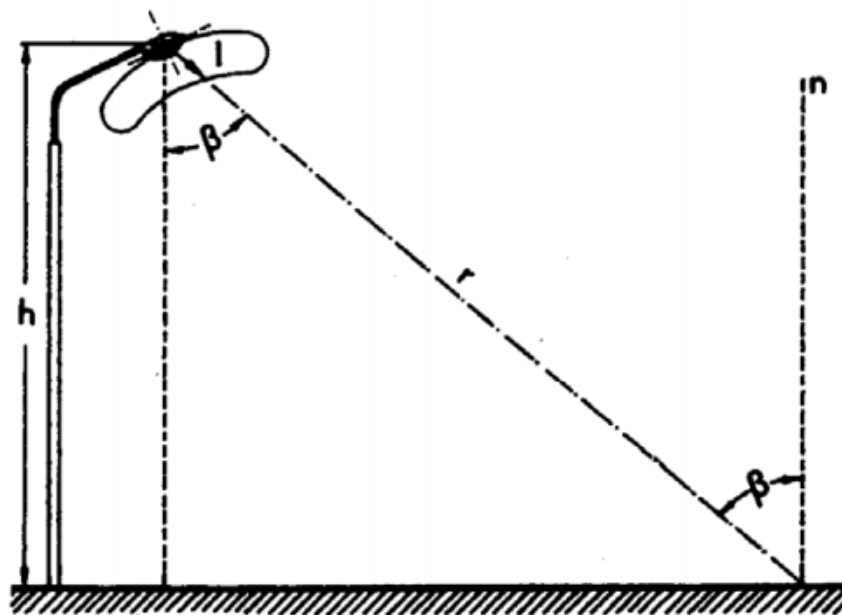


Figura 1: Rappresentazione dei parametri caratteristici per il calcolo dell'illuminamento con il metodo punto per punto

Pertanto, ripetendo i calcoli su una griglia di punti significativi della superficie da illuminare, si può giungere ad una descrizione anche assai puntuale e dettagliata della distribuzione dell'illuminamento su di essa. Informazioni relative all'intensità luminosa emessa per ogni apparecchio sono date dal produttore sotto forma di curve fotometriche o tabelle numeriche.

Questo metodo di calcolo consente di verificare, oltre ai valori medi di illuminamento, anche l'uniformità di illuminamento sulla superficie di lavoro (piano di riferimento), dove si svolge un determinato compito visivo, definita dal fattore di uniformità:

$$U = E_{\min}/E_{\text{med}}$$

Il calcolo è stato condotto con il software Dialux Evo della Disano. Le fasi operative di caricamento dei dati consistono nella definizione della geometria e finitura; degli apparecchi di illuminazione e delle lampade; dei parametri illuminotecnici (illuminamento, luminanza, uniformità, indici di abbagliamento etc.).

9.2 Superfici di calcolo

La superficie di calcolo, il piano di lavoro, in base alla quale vengono definiti i valori di illuminamento medio si trova ad una altezza dal suolo di 1.00 m riferita al livello 0.00 m del piano finito della stazione elettrica.

Come zone di calcolo si sono considerate le seguenti aree:

- **Area Stazione Elettrica**, vedi figura n.2, zona estesa della stazione elettrica comprendente le aree relative alle apparecchiature a 150 kV di manovra e comando, il trasformatore di potenza 150/30 kV.

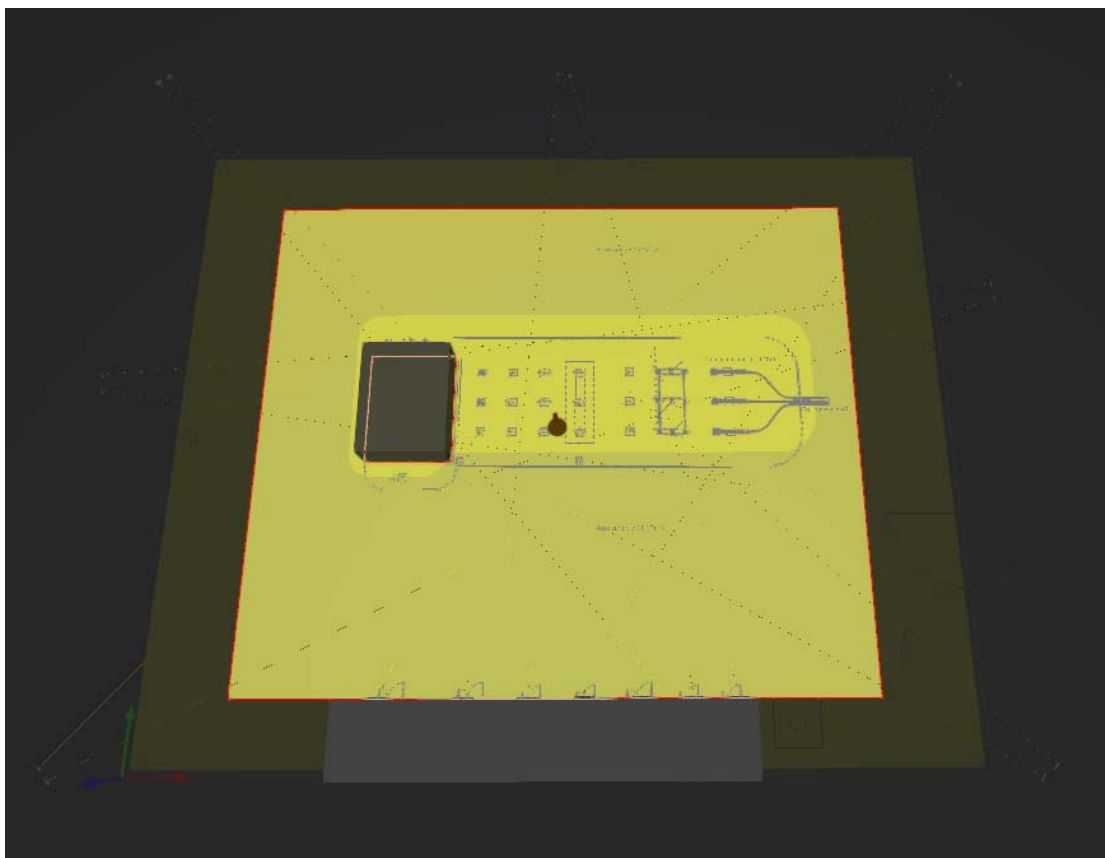


Figura 2: Zona di calcolo “Area Stazione elettrica”.

Tuttavia è stata definita un'ulteriore superficie di calcolo, in corrispondenza di:

- **Zona apparecchiature AT**, comprendente: scaricatori, TA, TVI, sostegni sbarre, trasformatore MT/AT, interruttore, sezionatore, terminali AT, vedi figura n.3, ad un'altezza di 4.00 m dal piano finito della stazione elettrica;

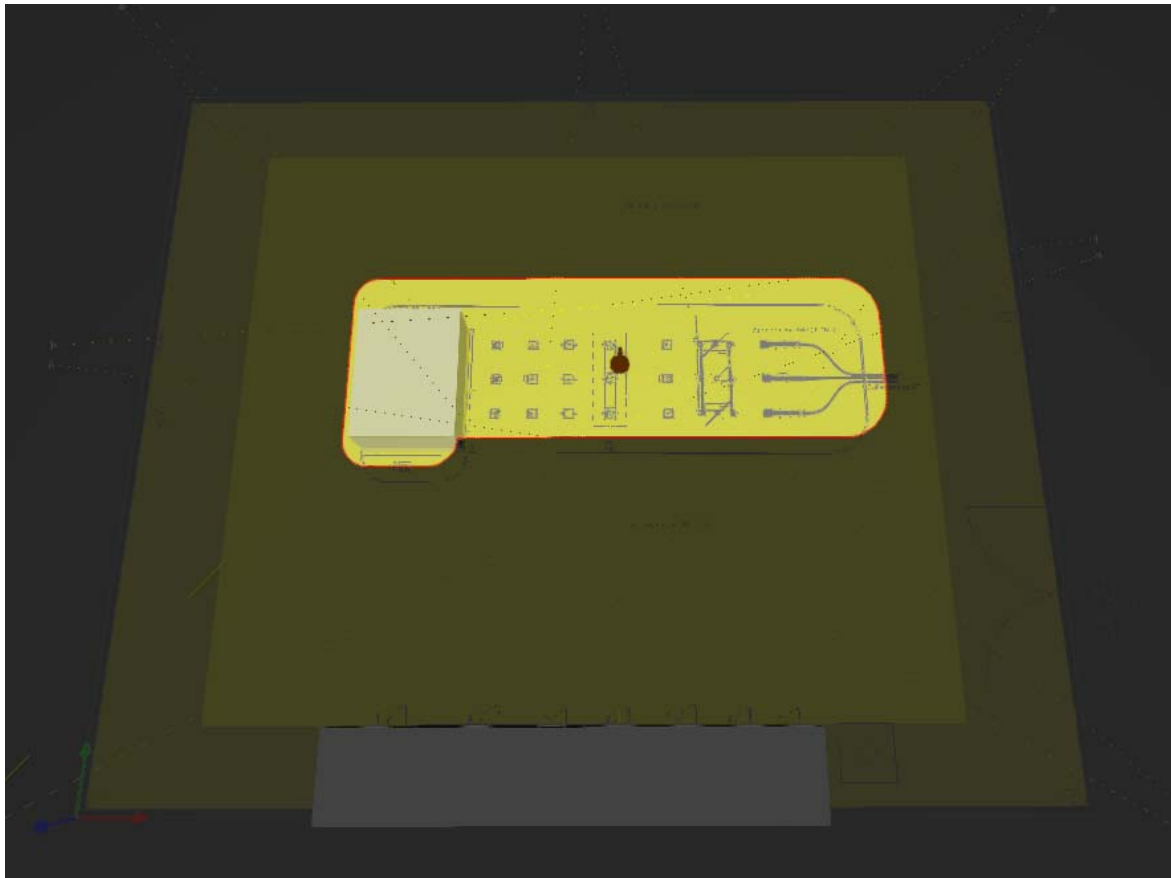


Figura 3: Zona di calcolo “Zona apparecchiature AT”.

9.3 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ESTERNO

Per l'impianto di illuminazione delle aree esterne, vengono utilizzati due tipi di corpi illuminanti:

- **N. 14** DISANO 1785 Astro tipo simmetrico con lampade **28 LED – 234,9 W – 26357 Im**, temperatura del colore compresa tra 4000 e 5000 K con resa cromatica compresa tra 80 e 90, montati su paline in vetroresina di altezza pari a 8.00 m, installate su blocco di fondazione. Tutti i corpi illuminanti sono orientati verso il basso con un angolo minimo di 20° rispetto l'orizzontale.
- **N. 9** Disano 957- Mono-lampada LED 22 W –3350 Im, temperatura del colore compresa tra 4000 e 5000 K con armatura stagna in policarbonato, resa cromatica compresa tra 80 e 90, posizionate all'esterno dell'edificio utente in corrispondenza delle porte

Per maggiori dettagli sui corpi illuminanti e sulle caratteristiche tecniche e fotometriche si veda l'allegato tecnico.

I corpi illuminanti saranno alimentati con una tensione pari a 230 Vac e gli interruttori per il circuito di protezione saranno installati nei rispettivi armadi periferici di area.

L'impianto di illuminazione della stazione elettrica è composto da 7 paline, di altezza 10 m, sulle quali verranno installati i corpi illuminanti e saranno collegati attraverso il cavidotto interrato all'edificio della stazione elettrica. I restanti corpi illuminanti saranno installati su parete dell'edificio di stazione, per illuminare i trasformatori MT/AT.

Per maggiori dettagli sul posizionamento dei corpi illuminanti e delle paline consultare l'elaborato grafico Allegato 4- Illuminazione Esterna, Layout dettagli costruttivi

9.4 Circuiti di alimentazione

I circuiti di alimentazione saranno in numero pari a due; il primo, quello ordinario di I livello di illuminamento ad accensione automatica permetterà di attivare l'impianto di illuminazione della stazione elettrica tramite interruttore crepuscolare, mentre il secondo, ad attivazione manuale permetterà di aumentare il livello di illuminamento in tutta la stazione elettrica ma soprattutto nella zona delle apparecchiature AT, per interventi straordinari di manutenzione.

9.5 ANALISI DEI RISULTATI

Come si evince dalle figure sottostanti, per i due livelli di illuminamento richiesti di I e II livello (vedi figura n.4, n.5) la scelta del posizionamento della quantità e delle caratteristiche dei corpi illuminanti rispetta quanto previsto dalla normativa UNI 12464-2 illuminazione nei luoghi di lavoro in esterno.



Figura 4: Colori sfalsati / Scena luce: illuminamento ordinario I livello (20 LUX) / Illuminamento perpendicolare (adattivo).

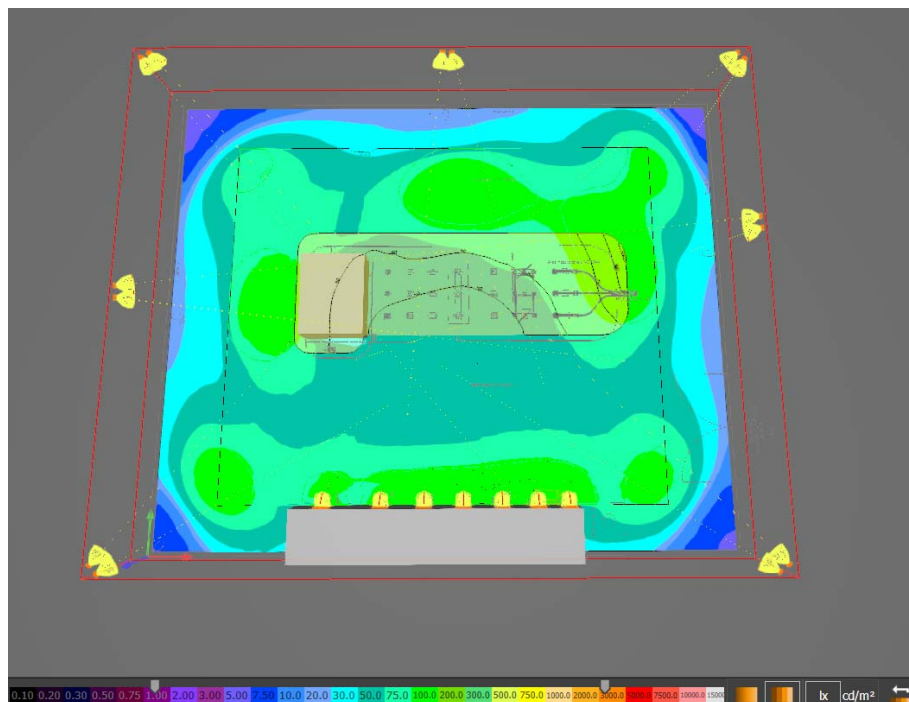


Figura 5: Colori sfalsati / Scena luce: illuminamento ordinario II livello (50 LUX) / Illuminamento perpendicolare (adattivo).

Oltre ai valori medi di illuminamento (min, max e medio) è stata determinata anche l'uniformità di illuminamento sulla superficie di lavoro (piano di riferimento) in particolare per le zone dove si trovano gli stalli 150 kV e le sbarre a 150 kV.

9.6 Risultati nelle zone di lavoro

Analizzando i risultati ottenuti per l'area della stazione elettrica si può osservare quanto segue:

- Quando l'impianto di illuminazione esterna della Stazione si trova in assetto ordinario (I livello), l'illuminamento medio (effettivo), che si ottiene sul piano di lavoro ad un'altezza di 1.00 m dal suolo è pari a 47,5 lx superiore a 20 lx richiesti per il progetto;
- Invece quando l'impianto di illuminazione esterna della stazione è in assetto straordinario (II livello) per eventuali interventi di manutenzione, l'illuminamento medio (effettivo), che si ottiene sul piano di lavoro ad 1.00 m dal suolo è pari a 84,8 lx superiore a 50 lx richiesti.

Osservando invece i risultati ottenuti per la zona delle "apparecchiature AT", cioè un'area ristretta intorno le principali apparecchiature a 150 kV e organi di manovra, si ottiene che:

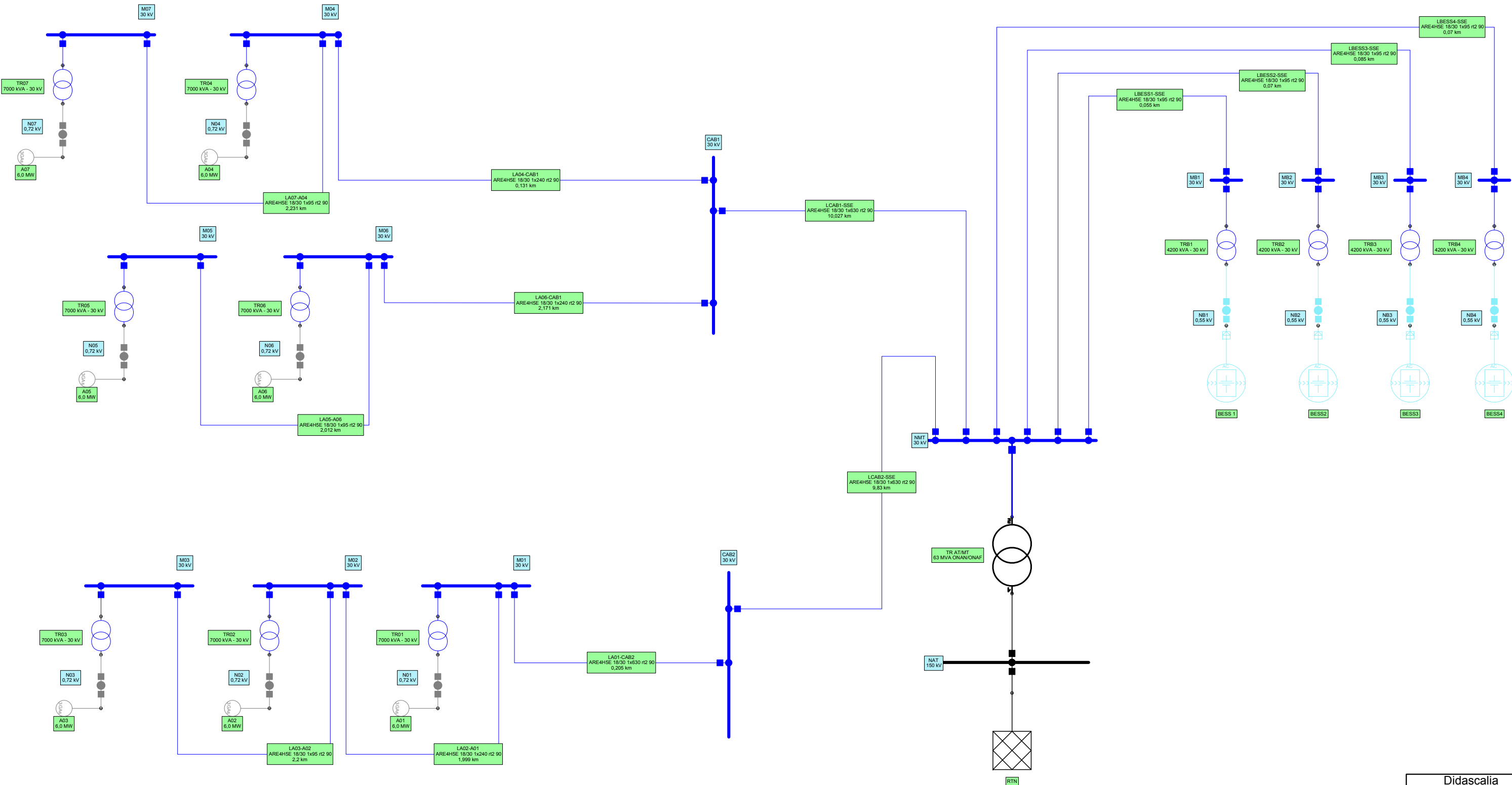
- Quando l'impianto di illuminazione esterna della stazione è in assetto straordinario (II livello) per eventuali interventi di manutenzione, l'illuminamento medio (effettivo), che si ottiene sul piano di lavoro ad un'altezza di 4.00 m dal suolo è pari a 53,3 lx, mentre il fattore di uniformità pari a 0.63 in linea con quello richiesto dalla normativa.



**RELAZIONE DI CACOLO E
DIMENSIONAMENTO MT**

Codice	10.2
Revisione	00
Data di creazione	24/05/2021
Data revisione	24/05/2021
Pagina	23 di 26

**ALLEGATO 1
RETE ELETTRICA**



Didascalia	
	Carichi in linea
	0,550 kV
	0,720 kV
	30,000 kV
	150,000 kV

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		
$K1=0.69$		

Project: GE.VGL01 - Prima ipotesi di collegamento + Accur	created	AC	MO
Layout elettrico	changed		
	changed		
Variant: rev 00	changed		
	changed		
7 Aerogeneratori 6,0 MW Accumulo batterie Ioni di litio 15,2 MW U=30 kV			
BCP Busarello + Cott + Partner Bahnhofstr. 40 CH-8703 Ertenbach (Switzerland) www.neplan.com	Date:	21-mag-2021	
	NEPLAN		

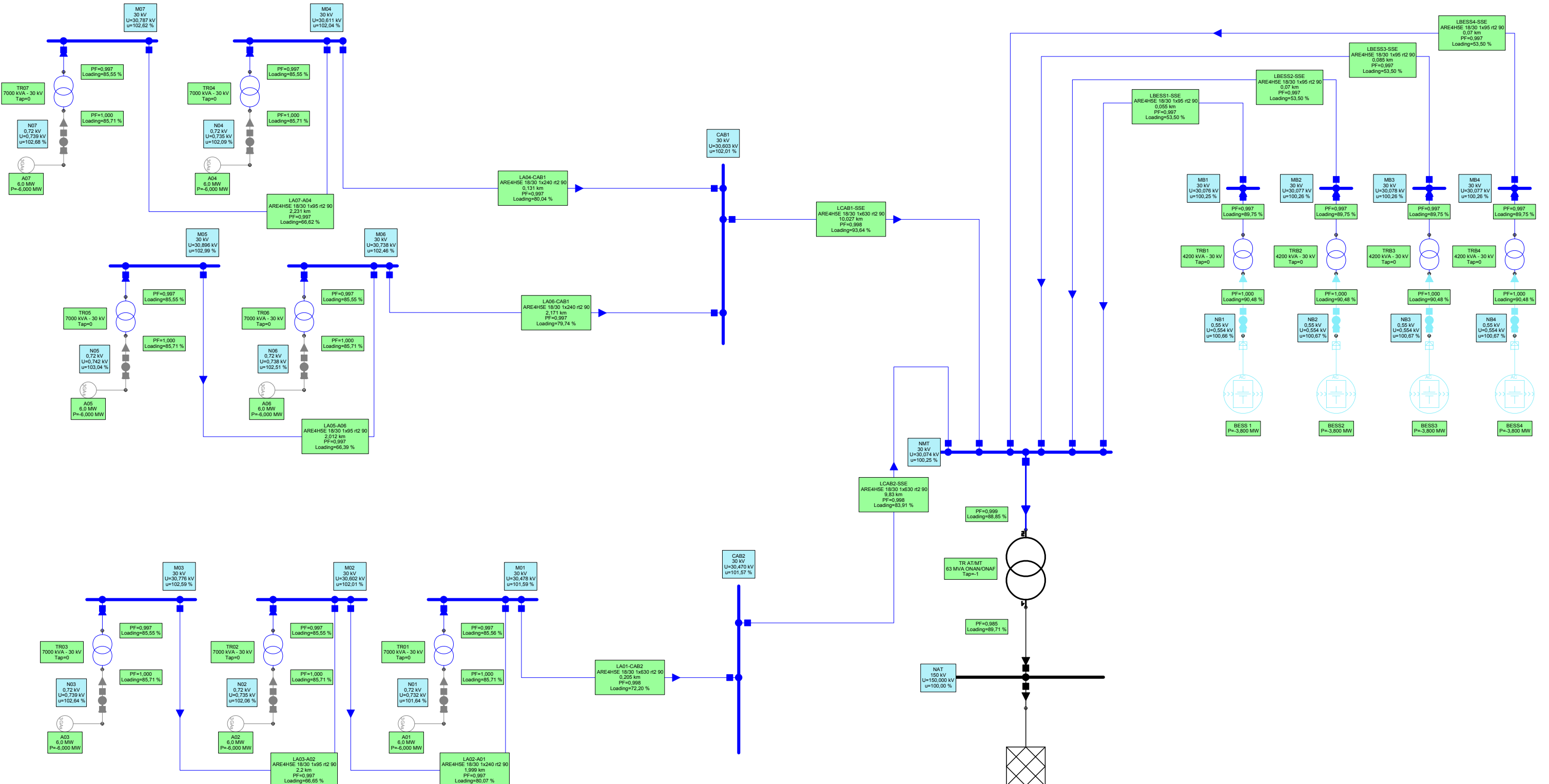


**RELAZIONE DI CACOLO E
DIMENSIONAMENTO MT**

Codice
Revisione
Data di creazione
Data revisione
Pagina

10.2
00
24/05/2021
24/05/2021
24 di 26

**ALLEGATO 2
CALCOLO LOAD FLOW**



Didascalica	
■	Elementi sovracaricati
■	Carichi in linea
■	0,550 kV
■	0,720 kV
■	30,000 kV
■	150,000 kV

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		
$K1=0.69$		

Project: GE.VGL01 - Prima ipotesi di collegamento + Accur	created	AC	MO
Layout elettrico	changed		
	changed		
Variant: rev 00	changed		
	changed		
7 Aerogeneratori 6,0 MW Accumulo batterie ioni di litio 15,2 MW U=30 kV			
BCP Busarello + Cott + Partner Bahnhofstr. 40 CH-8703 Ertenbach (Switzerland) www.neplan.com	Date: 21-mag-2021		
	NEPLAN		



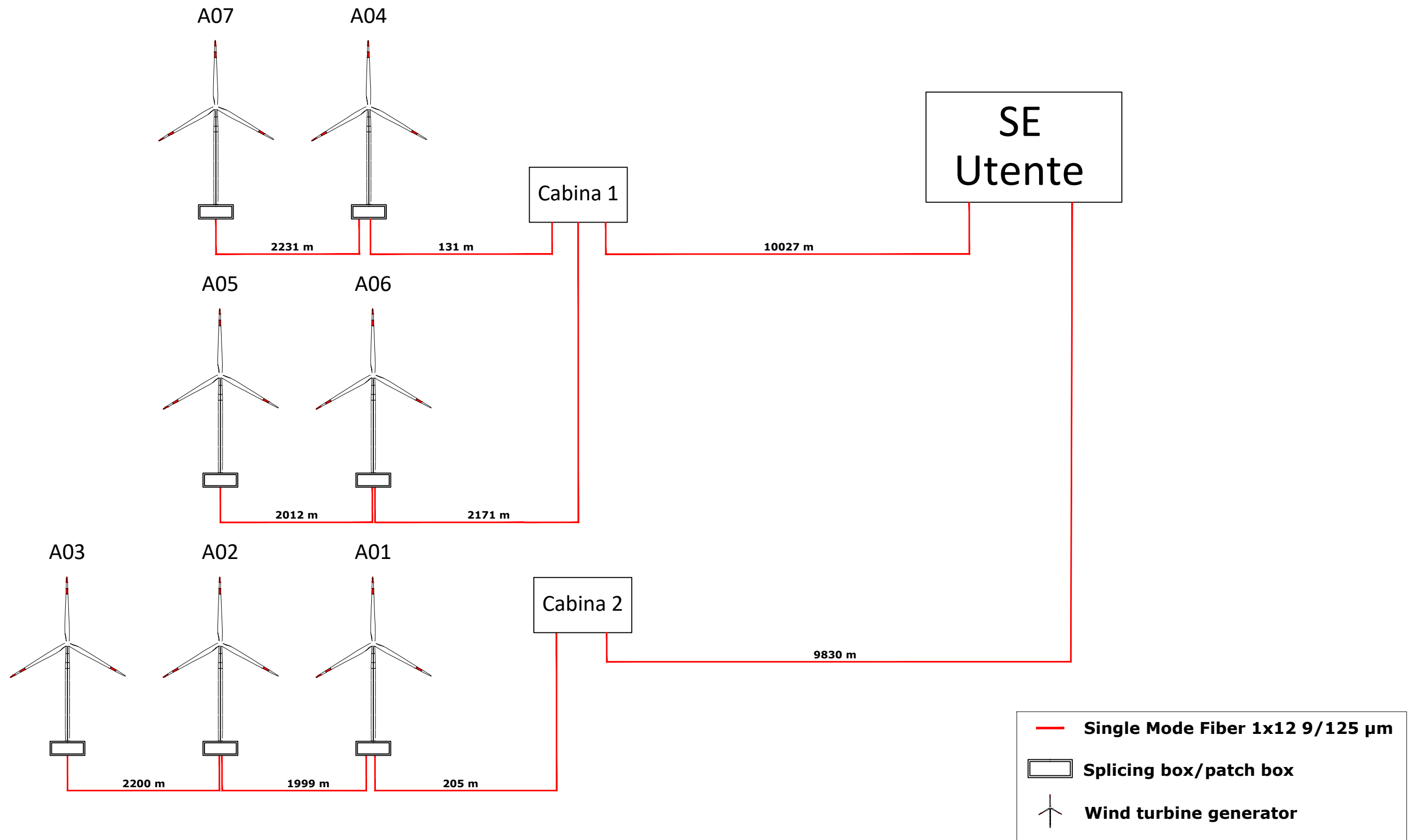
**RELAZIONE DI CACOLO E
DIMENSIONAMENTO MT**


Codice
Revisione
Data di creazione
Data revisione
Pagina

10.2
00
24/05/2021
24/05/2021
25 di 26

**ALLEGATO 3
SCHEMA COLLEGAMENTO FIBRA OTTICA**

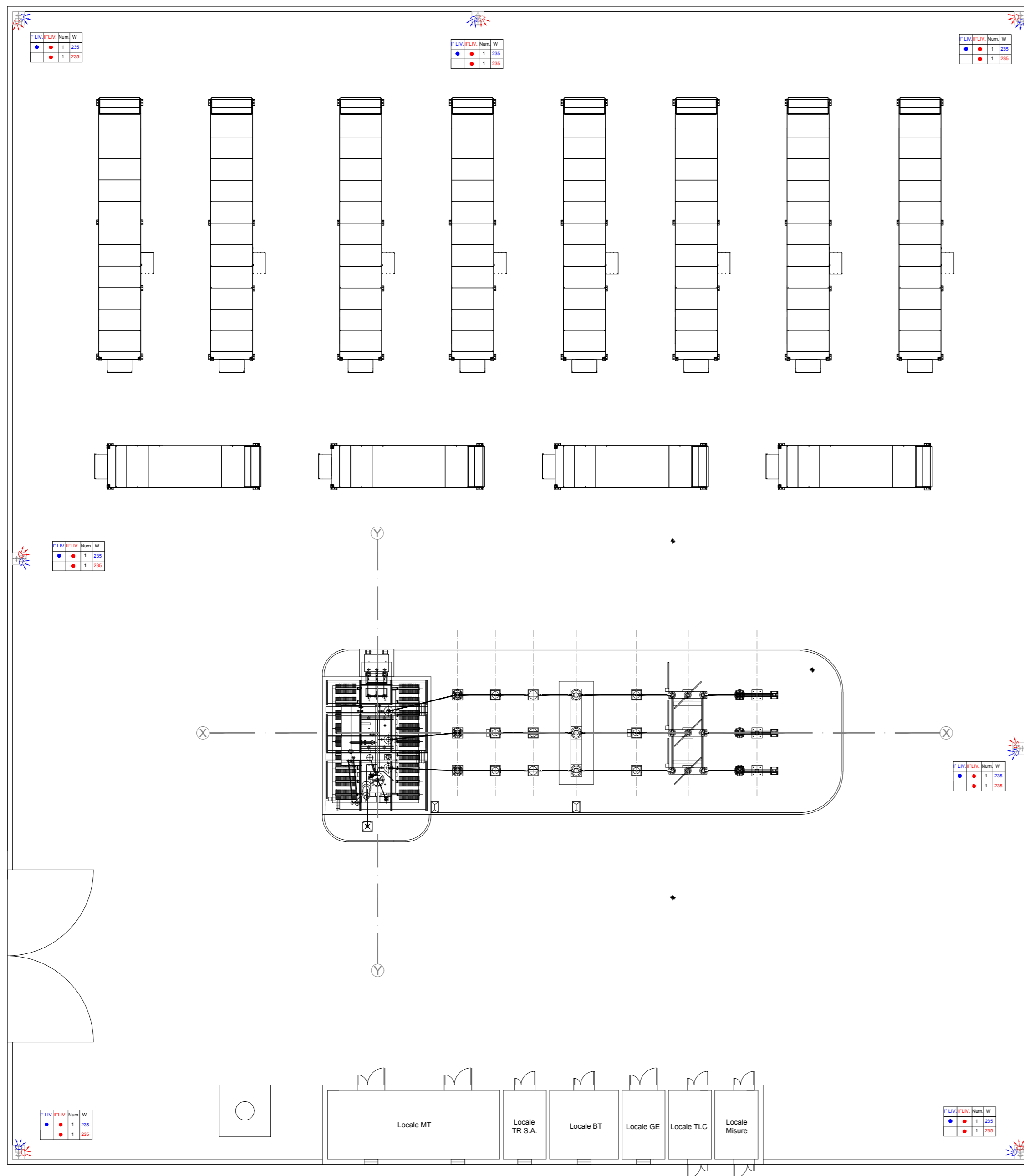
Type of cable	Core/Cladding diameter	Max. Attenuation	Max. Dispersion (SM)	Switch power budget ¹⁾	Max. length ²⁾
Single-mode	9/125 μm	1300 nm:0.4 dB/km 1550 nm:0.25 dB/km	3.5 ps/nm*km 19 ps/nm*km	16 dB 29 dB	32500 m 86600 m



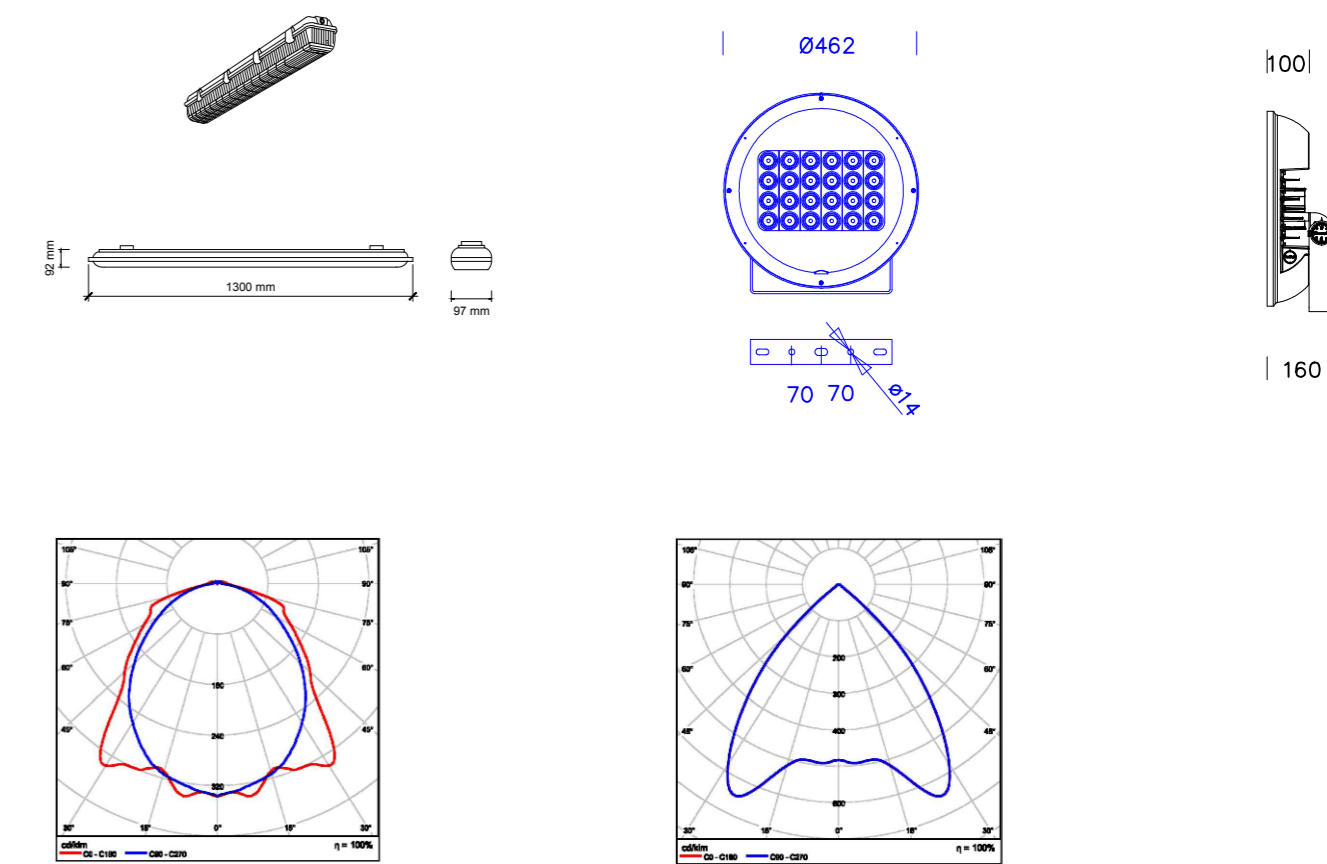
	RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO MT	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	10.2 00 24/05/2021 24/05/2021 26 di 26
---	--	--	--

ALLEGATO 4
ILLUMINAZIONE ESTERNA, LAYOUT E DETTAGLI COSTRUTTIVI

Planimetria illuminazione

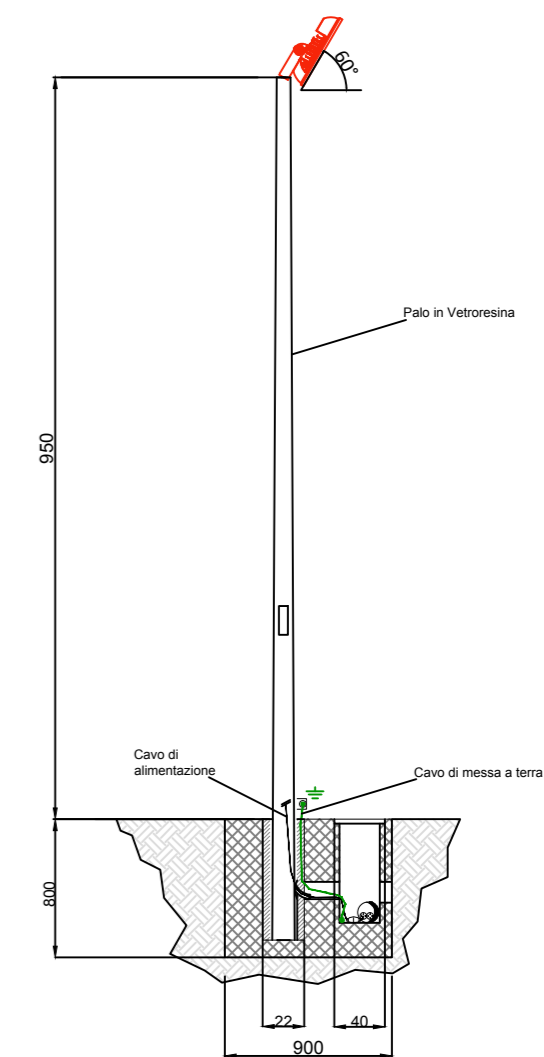


Particolari costruttivi



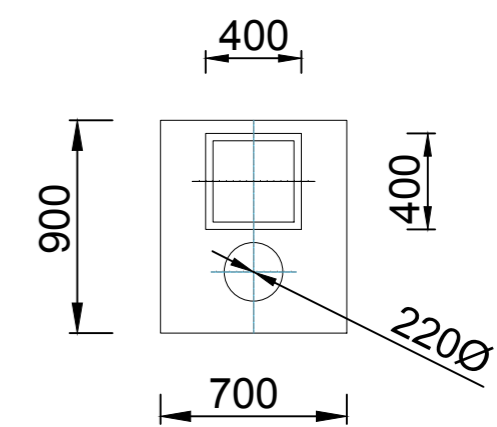
Disegno non in scala

Esempio tipico di installazione



Disegno non in scala

Fondazione prefabbricata CLS vibrato armato



Disegno non in scala