



# REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PROVINCE DI NUORO E SASSARI



COMUNE DI BITTI



COMUNE DI BUDDUSO



## PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "BITTI - TERENCESSA"

Potenza complessiva 56 MW

### PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

PE-R.3

### RELAZIONE DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE

COMMITTENTE

**GREEN  
ENERGY  
SARDEGNA 2  
S.r.L.**

**Piazza del Grano 3  
39100 Bolzano, Italia**

### GRUPPO DI LAVORO

Ing. Giorgio Floris: Coordinatore e progettista opere civili, elettriche e sottostazione

Ing. Matteo Floris: Collaborazione progettazione parte civile, elettrica e sottostazione

Geom. Francesco Troncia: rilievi, elaborazioni grafiche e progettazione

Dott. Geol. Fausto Pani: relazione paesaggistica - Sia - studio geologico  
simulazioni fotografiche

Dott. Maurizio Medda: relazione faunistica e piano di monitoraggio faunistico

Dott. Agr. Paolo Callioni - Dott. For. Carlo Poddi:  
relazione pedo agronomica e vegetazionale

Dott. For. Carlo Poddi: relazione impatto acustico ante operam e bassa frequenza

Dott.ssa Archeo. Giuseppina Manca di Mores: relazione archeologica

Ing. Vincenzo Pinna: calcoli strutturali

Ing. Michele Losito, consulente scientifico Prof. Gianluca Gatto:  
relazione sui principali ponti radio nell'area del parco

Ce.Pi.Sar.: piano monitoraggio chiroterri

SCALA:

FIRME



Dr. Ing. Giorgio Floris

Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
00	Prima emissione				Luglio 2020



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

**Comuni di Bitti (Nuoro), Onani (Nuoro) e Buddusò (Sassari)**

**GREENENERGYSARDEGNA2**

**Green Energy Sardegna 2 Srl**

Piazza del Grano 3, Bolzano, P.IVA e Cod. Fisc. 02993950217

**PROGETTO DEL  
PARCO EOLICO “BITTI-TERENASS”,  
DELLE OPERE CONNESSE E  
DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**

**PE-R.3**

**Relazione dimensionamento linee elettriche**



## INDICE

<b>1.</b>	<b>OGGETTO E SCOPO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI E DEFINIZIONI .....</b>	<b>3</b>
2.1.	Norme tecniche di riferimento	3
2.2.	Definizioni	5
<b>3.</b>	<b>UBICAZIONE DELLA STAZIONE .....</b>	<b>6</b>
3.1.	Ubicazione dell'impianto di connessione	6
3.2.	Breve descrizione del sistema di produzione	6
3.3.	Caratteristiche Generali Parco Eolico	7
3.3.1.	Collegamento in cavo dal campo alla SE .....	7
3.3.2.	Trasformatore MT/AT .....	7
<b>4.</b>	<b>COLLEGAMENTO IN ALTA TENSIONE .....</b>	<b>8</b>
4.1.	Layout della connessione AT	8
<b>5.</b>	<b>COLLEGAMENTI IN MEDIA TENSIONE .....</b>	<b>8</b>
5.1.	Layout della connessione MT	8
5.2.	Caratteristiche dei cavi MT	8
5.1.	Dimensionamento dei cavi MT	9



## 1. OGGETTO E SCOPO

Oggetto della seguente relazione è la progettazione della sottostazione MT/AT di Buddusò (SS), per la parte Produttore, necessaria alla connessione dell'Impianto Eolico "Bitti Terenass", da realizzarsi nei Comuni di Bitti e Buddusò.

L'attività di questa progettazione fa seguito all'incarico ricevuto dallo scrivente dalla Società Green Energy Sardegna 2 s.r.l. con sede legale in Piazza del Grano, 3I, 39100, Bolzano.

Scopo del documento è quello di descrivere le scelte progettuali, per la realizzazione della Stazione MT/AT atta a raccogliere l'energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile al livello 30 kV, trasformarla per poterla immettere nella rete di trasmissione nazionale (RTN) alla tensione di 150 kV.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E DEFINIZIONI

### 2.1. Norme tecniche di riferimento

Le caratteristiche delle realizzazioni in genere, degli impianti, dei loro componenti, dovranno rispondere alle norme tecniche, a quelle di legge ed ai regolamenti vigenti ed in particolare dovranno essere conformi a:

- vincoli ambientali specifici del territorio in cui verranno inseriti;
- prescrizioni delle Autorità Locali di controllo e di vigilanza INAIL, INPS, ASPAL e VV. F;
- quanto previsto in materia di compatibilità elettromagnetica;
- D.Lgs. n.81 del 09 aprile 2008 e sue modifiche: "Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro";
- Legge 1° marzo 1968, n. 186 "disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici, ed elettronici";
- D.M. n. 37 del 22 gennaio 2008 "installazione degli impianti";
- Modalità per la Dichiarazione di conformità di tutti gli impianti;
- Delibere AEEG in materia di energia elettrica prodotta da impianti di generazione rinnovabile e non.
- Marcatura CE o dichiarazione CE ove richiesta;
- Prescrizioni delle Autorità Locali di controllo ASL e di vigilanza INAIL (ARPAS) e VV. F;
- Prescrizioni e indicazioni delle società per l'esercizio telefonico;
- Legge 1° marzo 1968, n. 186 "disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici, ed elettronici";
- Guida Tecnica Allegato Terna A.70 e A 72.
- Delibera AEEG 08/03/2012 n. 84/12: "Interventi urgenti relativi agli impianti di produzione di energia elettrica, con particolare riferimento alla generazione distribuita, per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale".
- Norme CEI, CEI-EN, in caso di mancanza di riferimenti nazionali e/o europei, quelle IEC (International Electrotechnical Commission), UN.EL.-U.N.I./I.S.O.- CEE.

Di seguito vengono elencate a titolo indicativo non esaustivo le principali.

Classificazione CENELEC o IEC	Classificazione	Titolo della norma, specifica o guida
-------------------------------	-----------------	---------------------------------------



CEN o ISO	CEI o UNI	
NC	CEI 0-2	<i>Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici</i>
EN 61936 -1	CEI 99-2	<i>Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata - Parti Comuni</i>
EN 50522	CEI 99-3	<i>Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.</i>
NC	CEI 99-5	<i>Guida per l'esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a.</i>
EN 60137	CEI 36-2	<i>Isolatori passanti per tensioni alternate oltre 1000 V</i>
EN 60273	NC	<i>Characteristics of indoor and outdoor post insulators for system with nominal voltage greater than 1000 V</i>
NC	CEI 36-12	<i>Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V</i>
EN 60721-1	CEI 104-33	<i>Classificazione delle condizioni ambientali Parte 1: Parametri ambientali e loro severità</i>
EN 60815 - 1	CEI 36-41	<i>Scelta e dimensionamento di isolatori per alta tensione per uso in condizioni ambientali inquinate Parte 1: Definizioni, informazioni e principi generali</i>
EN 60815 - 2	CEI 36-42	<i>Scelta e dimensionamento di isolatori per alta tensione per uso in condizioni ambientali inquinate Parte 2: Isolatori di ceramica e di vetro per sistemi in c.a.</i>
EN 60815 - 3	CEI 36-43	<i>Scelta e dimensionamento di isolatori per alta tensione per uso in condizioni ambientali inquinate Parte 3: Isolatori polimerici per sistemi in c.a.</i>
EN 61869-1	CEI 38-11	<i>Trasformatori di misura - Parte 1: Prescrizioni generali</i>
EN 61869-2	CEI 38-14	<i>Trasformatori di misura - Parte 2: Prescrizioni addizionali per trasformatori di corrente</i>
EN 61869-3	CEI 38-12	<i>Trasformatori di misura - Parte 3: Prescrizioni addizionali per trasformatori di tensione</i>
EN 61869-4	CEI 38-15	<i>Trasformatori di misura - Parte 4: Prescrizioni addizionali per trasformatori combinati</i>
EN 61869-5	CEI 38-13	<i>Trasformatori di misura - Parte 5: Prescrizioni addizionali per trasformatori di tensione capacitivi</i>
EN 50110-1	CEI 11-27	<i>Lavori su impianti elettrici</i>
EN 50110-2	CEI 11-48	<i>Esercizio degli impianti elettrici Parte 2: Allegati nazionali</i>
EN 62271-1/A1	CEI 17-112	<i>Prescrizioni comuni per apparecchiature di manovra e di comando ad alta tensione</i>
EN 62271-100	CEI 17-1	<i>Interruttori a corrente alternata ad alta tensione</i>
EN 62271-102	CEI 17-83	<i>Apparecchiatura per Alta Tensione Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata</i>
EN 62271-103	NC	<i>High-voltage switchgear and controlgear - Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV</i>
EN 62271-104	CEI 17-121	<i>Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per alta tensione - Parte 1 e 2</i>
EN 62271-200	CEI 17-06	<i>Apparecchiatura ad alta tensione Parte 200: Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 kV a 52 kV</i>
NC	CEI 57-3	<i>Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate</i>
IEC 60364	CEI 64-8	<i>Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua: 1-7</i>
IEC / EN 61439-1	CEI 17-113	<i>Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) parte 1: Regole generali</i>
EN 60071-1	CEI 28-5	<i>Coordinamento dell'isolamento</i>
EN 60099-5	CEI 37-3	<i>Scaricatori Parte 5: Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione.</i>
<b>Classificazione CENELEC o IEC CEN o ISO</b>	<b>Classificazione CEI o UNI</b>	<b>Titolo della norma, specifica o guida</b>



EN 50110-1	CEI 11-27	Lavori su impianti elettrici
EN 50110-2	CEI 11-48	Esercizio degli impianti elettrici Parte 2: Allegati nazionali
NC	UNI 9795	Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio - Progettazione, installazione ed esercizio
NC	CEI 106-11	Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo
CEI EN 61000-6-2	CEI 210-54	Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali
CEI EN 61000-6-4	CEI 210-66	Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali
NC	CEI 7-6	Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici
UNI EN ISO 2178	NC	Misurazione dello spessore del rivestimento
UNI EN ISO 2064	NC	Rivestimenti metallici ed altri rivestimenti inorganici. Definizioni e convenzioni relative alla misura dello spessore
EN 60947-7-2	CEI 17-62	Morsetti componibili per conduttori di protezione in rame
EN 60947-7-3	CEI 17-84	Apparecchiature a bassa tensione Parte 7-3: Apparecchiature ausiliarie - Prescrizioni di sicurezza per morsetti componibili con fusibili
NC	CEI 99-27	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica; linee in cavo.
NC	CEI 20-65	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
NC	CEI 20-22/2	Prove di incendio su cavi elettrici. Prova di non propagazione dell'incendio.
EN 60529	CEI EN 60529	Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)
NC	CEI 0-16	Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica

Di tutte le norme anche non espressamente citate dovrà essere considerato l'ultimo aggiornamento, compresi gli eventuali supplementi, modifiche ed integrazioni.

## 2.2. Definizioni

Per i termini utilizzati si fa riferimento in generale alle definizioni indicate nella Norma CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti Elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni e nella Norma CEI 99-3 (CEI EN 50522).

Per le apparecchiature ed i componenti di stazione, valgono le definizioni riportate nelle corrispondenti Norme CEI, CEI EN o IEC di riferimento.



Per quanto indicato nella legge del 01/03/1968, n. 186 che riconosce nelle Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano, le condizioni sufficienti per la regola dell'arte, la stazione in oggetto, se non diversamente specificato, sarà realizzata conformemente alle Norme CEI, in particolare alla Norma CEI 99-2, per le apparecchiature si farà riferimento alle norme di prodotto ed in caso siano più restrittive, alle prescrizioni della Committente.

### 3. UBICAZIONE DELLA STAZIONE

#### *3.1. Ubicazione dell'impianto di connessione*

La stazione MT/AT, che raccoglierà l'energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile eolica, verrà realizzato nel territorio del Comune di Buddusò in Provincia di Sassari, verrà posizionata nei pressi della futura Stazione Elettrica Buddusò GIS (Gas Insulated Substation) di TERNA.

#### *3.2. Breve descrizione del sistema di produzione*

L'energia prodotta dalle turbine dislocate nelle varie zone del parco eolico, viene raccolta dalle quattro linee di media tensione (MT) 30 kV afferenti al quadro MT della sottostazione Produttore, il totale della potenza viene trasferito al trasformatore MT/AT che provvede alla elevazione al giusto livello di tensione in AT pari a 150 kV, queste apparecchiature si trovano nello stallo AT del Produttore, che comprende anche le rispettive protezioni e le misure.

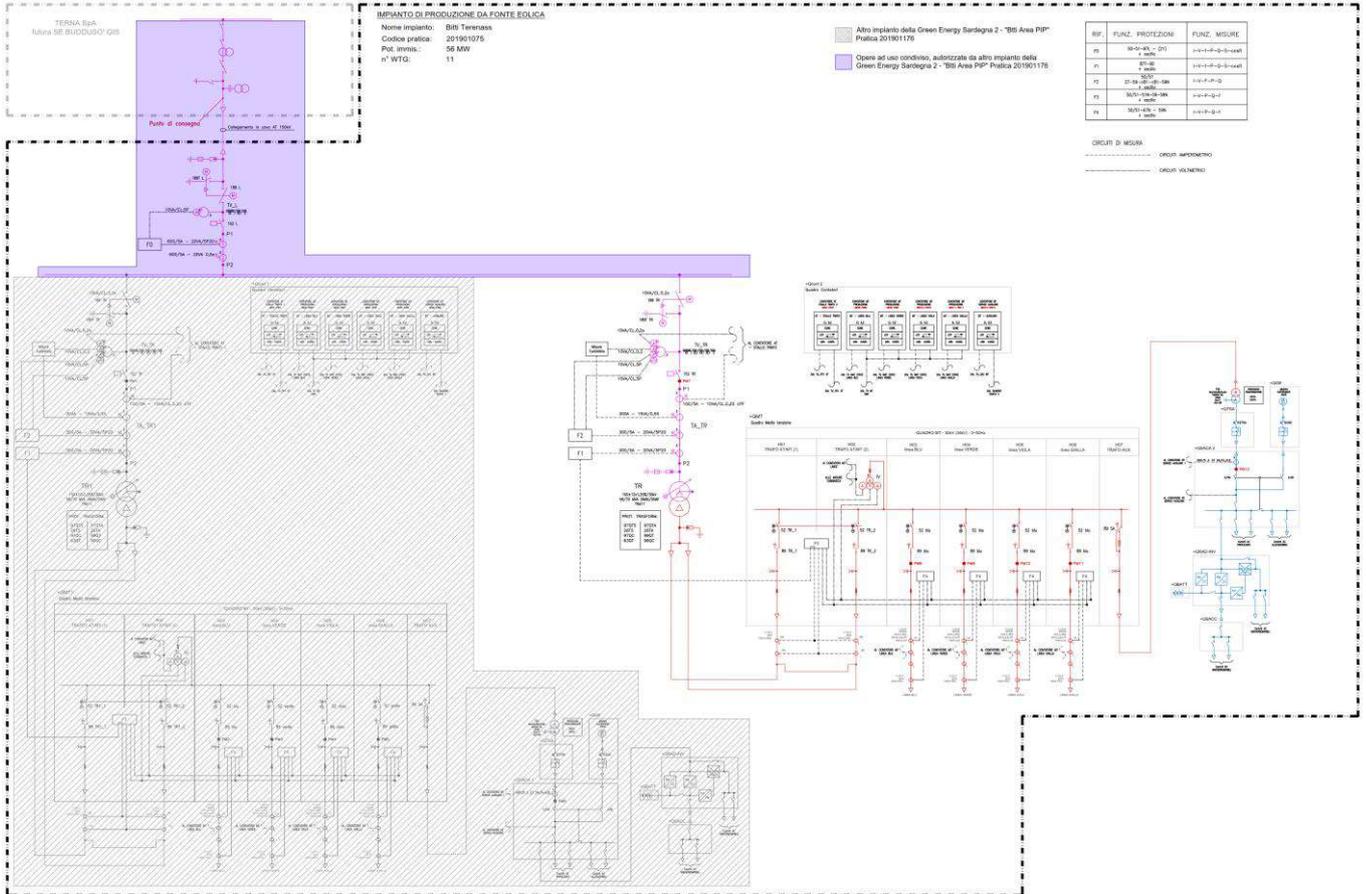
Il processo di ottimizzazione ha condotto alla condivisione della sottostazione di trasformazione MT/AT con un altro impianto di produzione da fonte eolica riconducibile alla medesima società proponente e denominato Bitti area PIP (codice pratica 201901176). In particolare, i due impianti Bitti Terenass e Bitti area PIP costituiranno una connessione in condominio di alta tensione, condividendo lo stallo cavo AT, il cavidotto AT e lo stallo produttore nella futura SE GIS 150kV Buddusò.

Il cavo interrato AT trasferisce l'energia allo stallo AT dedicato nella SE Buddusò, la protezione di questo cavo sarà coordinata d'intesa con le indicazioni del Gestore.

Le opere condivise dai due impianti vengono autorizzate dalla società Green Energy Sardegna 2 Srl nell'ambito del progetto "Bitti Area PIP" e non sono quindi trattate dettagliatamente nel presente progetto.

Nella sottostazione del Produttore in appositi locali sono presenti le apparecchiature di comando e controllo, una saletta permette tramite un sistema SCADA, di effettuare il monitoraggio della stazione e delle turbine, tale monitoraggio può essere fatto anche a distanza, direttamente dalla sala di controllo del Produttore.

Sottostante lo schema unifilare semplificato.



Maggiore leggibilità si ha sull'elaborato PE-Tav 13 - Schema Unifilare AT-MT.

### 3.3. Caratteristiche Generali Parco Eolico

L'impianto Eolico di GES2 è costituito da 11 aerogeneratori, di caratteristiche come da specifica PA-R.1.1, per un totale in potenza elettrica pari a 56 MW.

Ogni aerogeneratore produce energia in bassa tensione ed è dotato di un trasformatore elevatore e relativo quadro per la connessione al sistema di media tensione del parco eolico.

#### 3.3.1. Collegamento in cavo dal campo alla SE

L'energia prodotta dalle 11 macchine, viene raccolta da un sistema di cavidotti di media tensione (MT), costituito da 4 linee radiali a 30kV;

#### 3.3.2. Trasformatore MT/AT

L'innalzamento al valore della tensione di rete avviene tramite trasformatore MT/AT con le caratteristiche seguenti:

Tipo	Potenza	U <sub>1</sub> /U <sub>2</sub> kV/kV	Gruppo	Stato del neutro AT	Isolamento
Olio	70 MVA (ONAF)	150/30	YNd11	Franco a terra	pieno



## 4. COLLEGAMENTO IN ALTA TENSIONE

### 4.1. Layout della connessione AT

La connessione alla rete di trasmissione nazionale (RTN) del condominio di alta tensione costituito dai due impianti della Green Energy Sardegna 2 "Bitti Terenass" (oggetto del presente progetto) e "Bitti Area PIP" avverrà con collegamento in antenna alla futura Stazione Elettrica (SE) Buddusò GIS di TERNA, tramite un cavo interrato con tensione di esercizio a 150 kV e di proprietà di Green Energy Sardegna 2.

Le opere condivise dai due impianti connessi in condominio AT, tra le quali il cavidotto di alta tensione, vengono autorizzate dalla società Green Energy Sardegna 2 nell'ambito del progetto "Bitti Area PIP" e non sono quindi trattate dettagliatamente nel presente progetto.

## 5. COLLEGAMENTI IN MEDIA TENSIONE

### 5.1. Layout della connessione MT

La connessione dai quadri MT interni alle torri degli aerogeneratori, tra i quadri intermedi (sempre interni alle torri), fino al quadro principale MT di Sottostazione MT/AT, saranno realizzate con cavi interrati armati con le caratteristiche indicate nel paragrafo precedente.

La profondità di posa avverrà ad una quota variabile, in funzione delle varie zone di attraversamento, secondo i tipici rappresentati negli elaborati grafici allegati al progetto.

Il layout di connessione ed i percorsi sono individuabili in dettaglio negli elaborati:

- PE- TAV.13 - schema unifilare AT/MT Produttore
- PA- TAV.13c - Planimetria tecnica con sviluppo e tipologia posa cavidotto.

### 5.2. Caratteristiche dei cavi MT

Le linee di media tensione, comprendono principalmente le linee interrate provenienti dal parco, connesse secondo lo schema unifilare indicato in PE-TAV. 13 Schema unifilare AT/MT e PA- TAV.13c - Planimetria tecnica con sviluppo e tipologia posa cavidotto.

Le sezioni previste in utilizzazione sono quelle riportate nella tabella sottostante, con caratteristiche riferite a cavi del tipo ARE4H5E o similari.



DESCRIZIONE	UM	PARAMETRI	
Norme di riferimento	/	CEI 20-13, IEC 60502-2, CEI 20-16, IEC 60502-3, IEC 60230, EN 60332-1-2, EN 50267-2-1	
Sezione in alluminio	mm <sup>2</sup>	300	630
Colore guaina esterna	/	Rosso	Rosso
Flessibilità del conduttore	/	rigida	rigida
Max temperatura del conduttore posa fissa	°C	90	90
Portata nominale cavi interrati a trifoglio	A	483	715
Tensione nominale U <sub>0</sub> /U	kV	18/30	18/30
Raggio di curvatura durante l'installazione	mm	14 x D <sub>cavo</sub>	14 x D <sub>cavo</sub>
Numero anime	n	1	1
Diametro del conduttore	mm	20,7	30
Diametro esterno	mm	42,6	54
Resistenza apparente a 90 °C - 50 Hz conduttori a trifoglio	Ω/km	0,130	0,063
Reattanza di fase a trifoglio	Ω/km	0,102	0,093
Capacità a 50 Hz	μF/km	0,316	0,411
Peso	kg/km	1740	3040

### 5.1. Dimensionamento dei cavi MT

Di seguito sono riepilogati le caratteristiche salienti delle tratte, le sezioni sono intenzionalmente sovradimensionate a permettere la riconfigurazione in fase esecutiva in funzione delle eventuali necessità non prevedibili in questa fase definitiva.

LINEA 1 (GIALLA)								
Tratta	Turbine sottese	I <sub>b</sub> [A]	I <sub>z</sub> [A]	L [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	ΔU [%]
SSne-BT08	3	327	503	13315	3(1x630)	0,060	0,095	2,39
BT08-BT09	2	218	341	891	3(1x300)	0,128	0,103	0,18
BT09-BT10	1	109	341	794	3(1x300)	0,128	0,103	0,08

LINEA 2 (VIOLA)								
Tratta	Turbine sottese	I <sub>b</sub> [A]	I <sub>z</sub> [A]	L [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	ΔU [%]
SSne-BT06	3	327	503	10277	3(1x630)	0,060	0,095	1,85
BT06-BT07	2	218	341	1175	3(1x300)	0,128	0,103	0,24
BT07-BT11	1	109	341	1259	3(1x300)	0,128	0,103	0,13

LINEA 3 (BLU)								
Tratta	Turbine sottese	I <sub>b</sub> [A]	I <sub>z</sub> [A]	L [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	ΔU [%]
SSne-BT05	3	327	503	9833	3(1x630)	0,060	0,095	1,77
BT05-BT04	2	218	341	6781	3(1x630)	0,060	0,095	0,81
BT04-BT03	1	109	341	3201	3(1x300)	0,128	0,103	0,32

LINEA 4 (VERDE)								
Tratta	Turbine sottese	I <sub>b</sub> [A]	I <sub>z</sub> [A]	L [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	ΔU [%]
SSne-BT02	2	218	503	18403	3(1x630)	0,060	0,095	2,20
BT02-BT01	1	109	341	852	3(1x300)	0,128	0,103	0,09

Dove si sono rappresentate con:

- P la potenza delle macchine della tratta;
- I<sub>b</sub> è la corrente di impiego della tratta;



- $I_z$  sono le portate effettive in funzione dei coefficienti di declassamento, delle caratteristiche operative, in particolare: della temperatura del terreno, la resistività termica del terreno, la profondità di posa ed il numero di circuiti nello stesso cavidotto;
- $L$  la lunghezza della tratta;
- $S$  la sezione del conduttore;
- $r$  la resistenza chilometrica totale del cavo;
- $x$  la reattanza chilometrica del cavo;
- $\Delta U$  la caduta di tensione percentuale nella tratta, calcolata con la formula:

$$U\Delta \% = [100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (r \cdot \cos\varphi + x \cdot \sin\varphi)] / U$$

Dove oltre alle altre grandezze su elencate sono utilizzati i parametri:

$\varphi$  è il fattore di potenza, ipotizzato uguale a 0,9.