



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
PROVINCIA DI NUORO

Comuni di:



Villagrande Strisaili



Tortolì



Girasole

IMPIANTI DI GENERAZIONE ELETTRICA  
DA FONTI RINNOVABILI

Codici Rintracciabilità Terna: 201900807 - 201900878 - 201901210

PROGETTO OPERE DI RETE TERNA  
PIANO TECNICO DELLE OPERE

TITOLO

*RIMOZIONE LIMITAZIONI  
ELETTRODOTTO ARBATAX - FLUMENDOSA II  
NUOVA PALIFICAZIONE CON CONDUTTORI 31,5 mm*

COMMITTENTE



**Queequeg Renewables, ltd**  
Unit 3.21, 1110 Great West Road  
TW80GP London (UK)  
Company number: 111780524



**Ecoenergy Project 2 S.r.l.**  
via Alessandro Manzoni, 30  
20121 Milano (MI)

PROGETTAZIONE



**tecnoprogetti**  
engineering & consulting

**Ing. Marco Angelo Luigi MURRU**  
via Pietro Nenni, 11  
09042 Monserrato (CA)  
Tel +39(0)70-5740021

GRUPPO DI LAVORO

Ing. Marco Angelo Luigi Murru: Coordinamento e progetto Impianti Elettrici

Ing. Mauro Murru: progetto Impianti Elettrici

Geol. Nicola Demurtas: parte Geologica e Idrogeologica

Ing. Valentina Pisu: parte Ambientale

Rev.	Documento	Redatto	Verificato	Approvato	Data
00	2332E 10065	Relatori vari	L. Coro	Marco A. L. Murru	Settembre 2023

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 2 di 36

## INDICE

1.	PREMESSA .....	3
2.	DEFINIZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI .....	3
2.1.	DEFINIZIONI .....	3
2.2.	NORME GIURIDICHE E TECNICHE .....	3
2.2.1.	Riferimenti legislativi .....	3
2.2.2.	Norme Tecniche CEI, EN, IEC,UNI, ISO, ASTM .....	4
2.2.3.	Rispondenza a norme e unificazioni .....	5
3.	SCOPO .....	5
3.1.	DATI DI INPUT .....	5
3.1.1.	Linea attuale.....	5
3.1.2.	Linea in progetto.....	6
4.	SOSTITUZIONE DI PALI E CONDUTTORI CON MAGGIOR CAPACITÀ DI TRASPORTO .....	6
4.1.	Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto.....	6
4.2.	Sostegni di linea.....	6
4.2.1.	Distanza tra i sostegni .....	7
4.2.2.	Conduttori e funi di guardia .....	7
4.2.2.1.	Stato di tensione meccanica .....	7
4.2.2.2.	Capacità di trasporto .....	8
4.2.3.	Scelta dei sostegni.....	8
4.2.3.1.	Particolarità della scelta dei sostegni .....	10
4.2.3.2.	Caratteristiche geometriche dei sostegni previsti.....	11
4.2.3.3.	Isolamento.....	17
4.2.3.4.	Caratteristiche elettriche .....	18
4.2.3.5.	Morsetteria e armamenti .....	19
4.2.3.5.1.	Conduttori.....	19
4.2.3.5.2.	Scelta degli armamenti per i conduttori di fase.....	21
4.2.3.5.3.	Fune di guardia .....	24
4.2.3.5.1.	Scelta degli armamenti per la fune di guardia.....	26
4.2.4.	Valutazione distanza da altre opere .....	29
4.2.5.	Fondazioni .....	30
4.2.5.1.	Messa a terra dei sostegni .....	31
4.2.5.2.	Scavi .....	31
4.2.5.3.	Opere civili – Fondazioni sostegni di linea.....	31
4.2.5.3.1.	Fondazioni a plinto con riseghe .....	32
4.2.5.3.2.	Pali trivellati.....	34
4.2.5.3.3.	Micropali.....	35
4.2.5.3.4.	Tiranti in roccia.....	36
5.	CONCLUSIONI .....	36
6.	ALLEGATI .....	36

PROGETTAZIONE: <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	CLIENTE: <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	DOCUMENTO: 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
OGGETTO: - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 3 di 36

## 1. PREMESSA

Considerato il progetto definitivo per le opere di rete necessarie alla connessione di diversi impianti di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica e fotovoltaica, da realizzarsi in agro dei Comuni di Ballao, Siurgus Donigala, Mandas e Armungia in Provincia Sud Sardegna.

Con riferimento al documento **2332E 10500 00 - Relazione Tecnica - Rimozione limitazioni Linea Arbatax Flumendosa II**, nel quale si erano analizzate le diverse soluzioni, si erano annoverate le seguenti:

- a) Sostituzione dei conduttori con altri ad alta temperatura, tale soluzione, che avrebbe permesso di mantenere la palificazione esistente con la sostituzione dei soli conduttori HT e rispettivi armamamenti,
- b) Sostituzione di tutti i sostegni con un identico numero, in posizione tale da mantenere inalterato l'asse e la servitù dell'elettrodotto e dei conduttori di fase e di guardia con sezioni identiche a quelle già presenti non limitanti.

La verifica della soluzione (a), che sarebbe stata la più rapida e meno impattante, **ha dato esito negativo** come riportato nel documento: **2332E 10060 00 - Relazione Tecnica - Linea Arbatax Flumendosa II\_Verifica con Conduttori HT**;

In questo documento si descriverà pertanto la soluzione (b), che, pur più onerosa di quella (a), che la verifica ha dimostrato non applicabile, con opportuni accorgimenti permette di utilizzare la stessa fascia di asservimento della linea attualmente in esercizio.

## 2. DEFINIZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1. Definizioni

Per lo scopo del presente documento ed ai sensi della Norma **CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne**, si definiscono linee elettriche aeree esterne le **"linee installate all'aperto, al di sopra del suolo e costituite dai conduttori nudi con i relativi isolatori, dai sostegni ed accessori"**. Esse sono costituite da una o due terne (si parla rispettivamente di semplice e doppia terna) sempre su palificazione unica, di fatto ci si riferisce esclusivamente a linee di proprietà TERNA, con livelli di tensione di 380, 220, 132÷150 kV.

### 2.2. Norme giuridiche e tecniche

Le Norme e i documenti richiamati nel presente documento a titolo esemplificativo e non esaustivo, sono di seguito elencati.

#### 2.2.1. Riferimenti legislativi

- Legge 28 giugno 1986 n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";

<b>PROGETTAZIONE:</b>  <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b>  <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065  Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b>  - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFCAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 4 di 36

- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- D.P.C.M. 14 Novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.;
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" e ss.mm.ii.;
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

### **2.2.2. Norme Tecniche CEI, EN, IEC, UNI, ISO, ASTM**

- Norma CEI 7-2 "Conduttori di alluminio, alluminio-acciaio, lega d'alluminio e lega di alluminio-acciaio per linee elettriche aeree";
- Norma CEI 7-11 "Conduttori di acciaio rivestito di alluminio a filo unico o a corda per linee elettriche aeree";
- Norma CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto";
- Norma CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne";
- Norma CEI EN 60383-1, "Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V. Parte 1: Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata. Definizioni, metodi di prova e criteri di accettazione";
- Norma CEI EN 61284, "Linee aeree. Prescrizioni e prove per la morsetteria";
- Norma CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne";
- Norma CEI 304-1 "Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche";
- Norma 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";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche";
- Norma IEC 60652-2002 "Loading tests on overhead lines structures".
-

<b>PROGETTAZIONE:</b>  <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b>  <b>QUEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065  Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 5 di 36

### 2.2.3. Rispondenza a norme e unificazioni

Le linee elettriche aeree di proprietà Terna vengono progettate e realizzate in conformità alla Legge n. 339 del 28/06/1986 ed alle norme contenute nei Decreti n.449 del 21/03/1988 e n.1260 del 16/01/1991 con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall'art. 1.2.07 del Decreto del 21/03/1988 suddetto che ha recepito la norma CEI 11-4 considerando tutte le modifiche ed integrazioni applicabili.

Per quanto concerne il rispetto delle norme sui campi elettrici e magnetici, le linee sono progettate nel pieno rispetto delle norme vigenti e in particolare del dettato congiunto del D.Lgs 36/2001 e del D.P.C.M. 08/07/2003, nonché successivo Decreto del 29 Maggio 2008, con riferimento ai valori di portata in corrente in servizio normale indicati nella tab. 1 della norma CEI 11-60.

Per quanto riguarda le interferenze con le linee di telecomunicazione si fa riferimento alla norma CEI 103-6, mentre per le interferenze con tubazioni metalliche alla CEI 304-1.

Rispondendo all'esigenza di utilizzare componenti e materiali industriali da produrre, per la generalità dei casi, in serie, Terna negli anni, per la realizzazione dei propri componenti di linee elettriche aeree, ha elaborato progetti standard unificati relativi a tutti i livelli di tensione (132-150-220-380 kV) e per tutte le caratteristiche generali delle linee elettriche aeree facenti parte della RTN, tipologie di linee (semplice e doppia terna) che rispondono ai requisiti delle norme sopra citate. Ciò ha consentito una tipizzazione dei componenti che ha permesso a Terna di progettare e costruire queste infrastrutture in modo efficiente ed efficace su tutto il territorio nazionale.

## 3. SCOPO

Scopo del presente documento è descrivere la verifica della fattibilità del potenziamento della linea T318 nel tratto tra il **portale di stazione Flumendosa II** ed il **sostegno n° 29**, ipotizzando di sostituire l'attuale conduttore (ACSR 19,38 mm) con un conduttore ACSR da 31,5 mm, per allinearli alla portata massima della tratta non limitata, come quella che già equipaggia la linea dal **palo 29** fino al **portale della SE Arbatax**, alla sua massima temperatura di esercizio pari a 75°C.

### 3.1. Dati di input

#### 3.1.1. Linea attuale

- Rilievo dello stato di fatto: percorso, terreno, vegetazione, linee interferenti, strade ed edifici;
- Tabella di picchettazione con caratteristiche geometriche dei sostegni (armamento ed altezza utile) e valori dei tiri per campata equivalente;
- Tipologia di conduttore e fune di guardia: ACSR 19,38 mm e fune in acciaio da 9,00 mm;
- Indicazione della nomenclatura (sigla) del sostegno (assenza dei diagrammi di utilizzazione);

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 6 di 36

### 3.1.2. Linea in progetto

- Localizzazione linea: nella servitù esistente;
- Tabella di picchettazione con caratteristiche di fondazioni, sostegni, armamenti e conduttori
- Tipologia di conduttore e fune di guardia: ACSR 31,5 mm e fune in acciaio da 11,50 mm;
- Tipologia dei sostegni conformi al progetto unificato Terna;

## 4. Sostituzione di pali e conduttori con maggior capacità di trasporto

Come già evidenziato negli altri documenti di progetto, il conduttore e la fune di guardia rispettivamente: ACSR 19,38 mm e fune in acciaio da 9,00 mm, installati dal **palo 29 fino al portale della Stazione Flumendosa II salto**, limita il trasporto della linea rispetto al tratto dal **palo 29 al Portale della SE di Arbat**, che invece è costituito da conduttore ACSR 31,5 mm e fune di guardia da 10,5 mm.

Per il potenziamento della tratta compresa dalla CP Flumendosa dal palo P01 fino al palo P29, , oltre all'installazione del conduttore ACSR 31,5 mm e della fune di guardia da 10,5 mm, è necessario prevedere una palificazione con sostegni del tipo troncopiramidali della serie unificata TERNA semplice terna per linee 150kV, costruiti in adiacenza a quelli attuali esistenti (che andranno demoliti), in modo da mantenere inalterato l'asse e la servitù dell'elettrodotto.

Con riferimento al Progetto Unificato per gli elettrodotti, in cui sono inseriti tutti i componenti (sostegni e fondazioni, conduttori, morsetteria, isolatori, ecc.) con le relative modalità di impiego, si descrive di seguito quanto elaborato per la nuova palificazione.

### 4.1. Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Portata di corrente alle condizioni di progetto (per fase)	870 A

**Tabella 1**

La portata in corrente sopra indicata è conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60 per elettrodotti a 150 kV in zona A.

### 4.2. Sostegni di linea

Il progetto dell'opera è conforme al Progetto Unificato Terna per gli elettrodotti aerei, dove sono riportati tutti i componenti (sostegni e fondazioni, conduttori, morsetteria, isolatori, ecc.) con le relative modalità di impiego.

In particolare, la tratta di elettrodotto sarà realizzata con sostegni di elevate prestazioni meccaniche del tipo troncopiramidali con angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati della serie unificata TERNA semplice terna per linee 150 kV.

<b>PROGETTAZIONE:</b>  <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b>  <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065  Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b>  - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 7 di 36

La palificata sarà armata con tre fasi (semplice terna) per i conduttori di energia ed una corda di guardia a protezione dalle fulminazioni atmosferiche, come di seguito dettagliato.

#### **4.2.1. Distanza tra i sostegni**

La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati, mediamente in condizioni normali, si ritiene possa essere pari a 400 m.

#### **4.2.2. Conduttori e funi di guardia**

Come richiesto dal gestore di rete i raccordi alla nuova SE verranno realizzati con linee in semplice terna con disposizione a triangolo dei conduttori.

Ciascuna fase elettrica sarà costituita da 1 conduttore di energia formato da una corda di alluminio acciaio della sezione complessiva di 585,3 mm<sup>2</sup> composta da n.19 fili di acciaio del diametro 2,10 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,5 mm (tavola unificazione LC2), carico di rottura teorico del conduttore 16.852 daN.

Per i conduttori si è ipotizzata un'altezza da terra non inferiore a metri 10,00, arrotondamento per eccesso di quella minima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991.

L'elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con una corda di guardia destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni ed il sistema di protezione, controllo e conduzione degli impianti.

La corda di guardia sarà in acciaio rivestito di alluminio incorporante fibre ottiche, del diametro di 11,50 mm e sezione di 80,65 mm<sup>2</sup>, e sarà costituita da 7 fili del diametro di 3,83 mm (tavola LC59), carico di rottura teorico della corda 9.000 daN.

##### **4.2.2.1. Stato di tensione meccanica**

E' stato fissato il tiro dei conduttori e delle corde di guardia in modo che risulti costante, in funzione della campata equivalente, nella condizione "normale" di esercizio linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in assenza di sovraccarichi (EDS – "every day stress") ciò assicura una uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

Nelle altre condizioni o "stati" il tiro risulta, ovviamente, funzione della campata equivalente di ciascuna tratta.

Gli "stati" che interessano, da diversi punti di vista, il progetto delle linee sono riportati nello schema seguente:

- **EDS** - Condizione di tutti i giorni: +15°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MSA** - Condizione di massima sollecitazione (zona A): -5°C, vento a 130 km/h
- **MSB** - Condizione di massima sollecitazione (zona B): -20°C, manicotto di ghiaccio di 12 mm, vento a 65 km/h
- **MPA** – Condizione di massimo parametro (zona A): -5°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MPB** – Condizione di massimo parametro (zona B): -20°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **MFA** – Condizione di massima freccia (Zona A): +55°C, in assenza di vento e ghiaccio

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 8 di 36

- **MFB** – Condizione di massima freccia (Zona B): +40°C, in assenza di vento e ghiaccio
- **CVS1** – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C, vento a 26 km/h
- **CVS2** – Condizione di verifica sbandamento catene: +15°C, vento a 130 km/h

La linea in oggetto è situata in "**ZONA A**", ciò nonostante vista la posizione geografica, la conformazione del territorio e l'altitudine prossima a 600 m.s.l.m. si è deciso di progettare l'elettrodotto con riferimento alla **zona B** per quel che concerne la verifiche delle sollecitazioni massime, di contro per la verifica dei franchi da terra e dalle opere attraversate si è fatto riferimento alla "**zona A**".

Di seguito sono riportati i valori dei tiri in EDS per i conduttori, in valore percentuale rispetto al carico di rottura.

**ZONA A** EDS =16.6% per il conduttore tipo L\_C2/1 conduttore alluminio-acciaio  $\Phi$  31,5 mm. Il corrispondente valore di EDS per la corda di guardia è stato fissato con il criterio di avere un parametro del 10% più elevato, rispetto a quello del conduttore, nella stessa condizione di EDS.

Per fronteggiare le conseguenze dell'asestamento dei conduttori si renderà necessario maggiorare il tiro all'atto della posa. Ciò si ottiene introducendo un decremento fittizio di temperatura  $\Delta\theta$  nel calcolo delle tabelle di tesatura.

#### 4.2.2.2. Capacità di trasporto

La capacità di trasporto è funzione lineare della corrente di fase. Il conduttore in oggetto corrisponde al "conduttore standard" preso in considerazione dalla Norma CEI 11-60, nella quale sono definite anche le portate nei periodi caldo e freddo.

<b>Portata in corrente in servizio normale - Conduttore alluminio-acciaio <math>\Phi</math> 31,5 mm</b> <b>(riferimento al §3.1 CEI 11-60) - Tensione nominale della linea: 150 kV</b>			
<b>Zona climatica A</b>		<b>Zona climatica B</b>	
Periodo C (maggio – settembre)	Periodo F (ottobre – aprile)	Periodo C (maggio – settembre)	Periodo F (ottobre – aprile)
620 A	<b>870 A</b>	575 A	675 A

Tabella 2

#### 4.2.3. Scelta dei sostegni

I sostegni realizzati in angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati, saranno del tipo a semplice terna con le fasi disposte a triangolo e con altezza variabile in base alle caratteristiche altimetriche del terreno.

Nel calcolo verranno impiegati 6 tipologie di sostegni scelti tra quelli riportati nelle tabelle di unificazione contenenti materiali e criteri di progetto per le linee elettriche aeree a 150 kV di Terna - Rete Elettrica Nazionale.

Ciascun sostegno sarà composto da più elementi distinti in piedi, base, tronchi e testa palo, della quale fanno parte le mensole di aggancio dei conduttori alla struttura.

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 9 di 36

A queste ultime sono applicati gli armamenti, cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso; essi possono essere di sospensione o di amarro o ormeggio. Il sostegno termina nella parte apicale con un elemento detto cimino, atto a sorreggere la fune di guardia.

I piedi del sostegno, elemento di congiunzione con il terreno e parte in elevazione del traliccio, possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi.

Per tutti i sostegni si è scelto di impiegare mensole per grandi campate, quest'ultime prevedono una distanza maggiore fra le fasi disposte sullo stesso lato garantendo, in caso di elevate distanze tra un sostegno e l'altro il rispetto dei franchi elettrici.

I tipi di sostegno scelti sono di seguito elencati evidenziando le loro prestazioni nominali (riferiti alla zona A), in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione ( $\delta$ ) e costante altimetrica (K), per la ZONA A (EDS 21 %):

**SOSTEGNI 132/150kV semplice terna tronco piramidali – Serie Tiro Pieno  
Conduttore All./Acc. 31,5mm EDS 21% – ZONA A**

Tipo	Altezza	Campata media	Angolo deviazione	Costante altimetrica
"M" Medio	9÷33 m	350 m	8°00'	0,18000
"P" Pesante	9÷48 m	350 m	16°00'	0,24000
"V" Vertice	9÷42 m	350 m	32°00'	0,36000
"C" Capolinea	9÷33 m	350 m	60°00'	0,2400
"E" Eccezionale	9÷33 m	350 m	90°00'	0,3600
"Palo Gatto" con testa ruotata 22°30'	9÷18 m	350 m	47°30'	0,3

**Tabella 3**

E' inserito nel calcolo di verifica e nel profilo anche sostegno tipo "Edt" della serie unificata terna 132/150kV a tiro pieno a doppia terna:

**SOSTEGNI 132/150kV doppia terna tronco piramidali – Serie Tiro Pieno  
Conduttore All./Acc. 31,5mm EDS 21% – ZONA A**

Tipo	Altezza	Campata media	Angolo deviazione	Costante altimetrica
"E" Eccezionale	9÷33 m	350 m	90°00'	0,3600

**Tabella 4**

PROGETTAZIONE: <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	CLIENTE: <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	DOCUMENTO: 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
OGGETTO: - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 10 di 36

Ogni tipo di sostegno ha un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione nel quale sono rappresentate le prestazioni lineari (campata media  $C_m$ ), trasversali (angolo di deviazione  $\delta$ ) e verticali (costante altimetrica  $K$ ).

Il diagramma di utilizzazione di ciascun sostegno è costruito secondo il seguente criterio:

Partendo dai valori di  $C_m$ ,  $\delta$  e  $K$  relativi alle prestazioni nominali, si calcolano le forze (azione trasversale e azione verticale) che i conduttori trasferiscono all'armamento.

Successivamente con i valori delle azioni così calcolate, per ogni valore di campata media, si vanno a determinare i valori di  $\delta$  e  $K$  che determinano azioni di pari intensità.

In ragione di tale criterio, all'aumentare della campata media diminuisce sia il valore dell'angolo di deviazione sia la costante altimetrica con cui è possibile impiegare il sostegno.

La disponibilità dei diagrammi di utilizzazione agevola la progettazione, in quanto consente di individuare rapidamente se il punto di lavoro di un sostegno, di cui si siano determinate la posizione lungo il profilo della linea e l'altezza utile, e quindi i valori a picchetto di  $C_m$ ,  $\delta$  e  $K$ , ricade o meno all'interno dell'area delimitata dal diagramma di utilizzazione stesso.

#### **4.2.3.1. Particolarità della scelta dei sostegni**

Di seguito alcune note esplicative, tipiche di questo progetto vincolato dalla linea esistente:

Per i sostegni con angolo di deviazione, si è previsto il rifacimento nella medesima posizione per non modificare l'asse della linea attuale;

Per quanto riguarda i sostegni posti su crinali, si è previsto il rifacimento nella medesima posizione a causa dell'impossibilità di spostarli senza dover incrementare troppo l'altezza utile degli stessi a causa del loro spostamento sul versante;

La scelta tra sostegni in amarro e in sospensione ha tenuto conto dell'utilizzazione dei sostegni in progetto, facendo riferimento a campata media e costante altimetrica;

In molti casi si è dovuti ricorrere a sostegni in amarro a causa di valori negativi della costante altimetrica.

I profili delle catenarie riportati con colore rosso indicano il profilo in condizioni di massima freccia per temperatura del conduttore pari a 75°C come solitamente richiesto da Terna;

Il franco da terra considerato e riportato nel profilo è pari a 10 m;

Nella planimetria e nel profilo la posizione dei nuovi sostegni è riportata con cerchio di colore rosso, mentre quelli esistenti di colore arancione (42), in verde quelli non oggetto di modifica.

Nella planimetria e nel profilo si riportano inoltre le opere attraversate (strade, linee di media e bassa tensione);

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 11 di 36

### 4.2.3.2. Caratteristiche geometriche dei sostegni previsti

Di seguito i sostegni previsti.

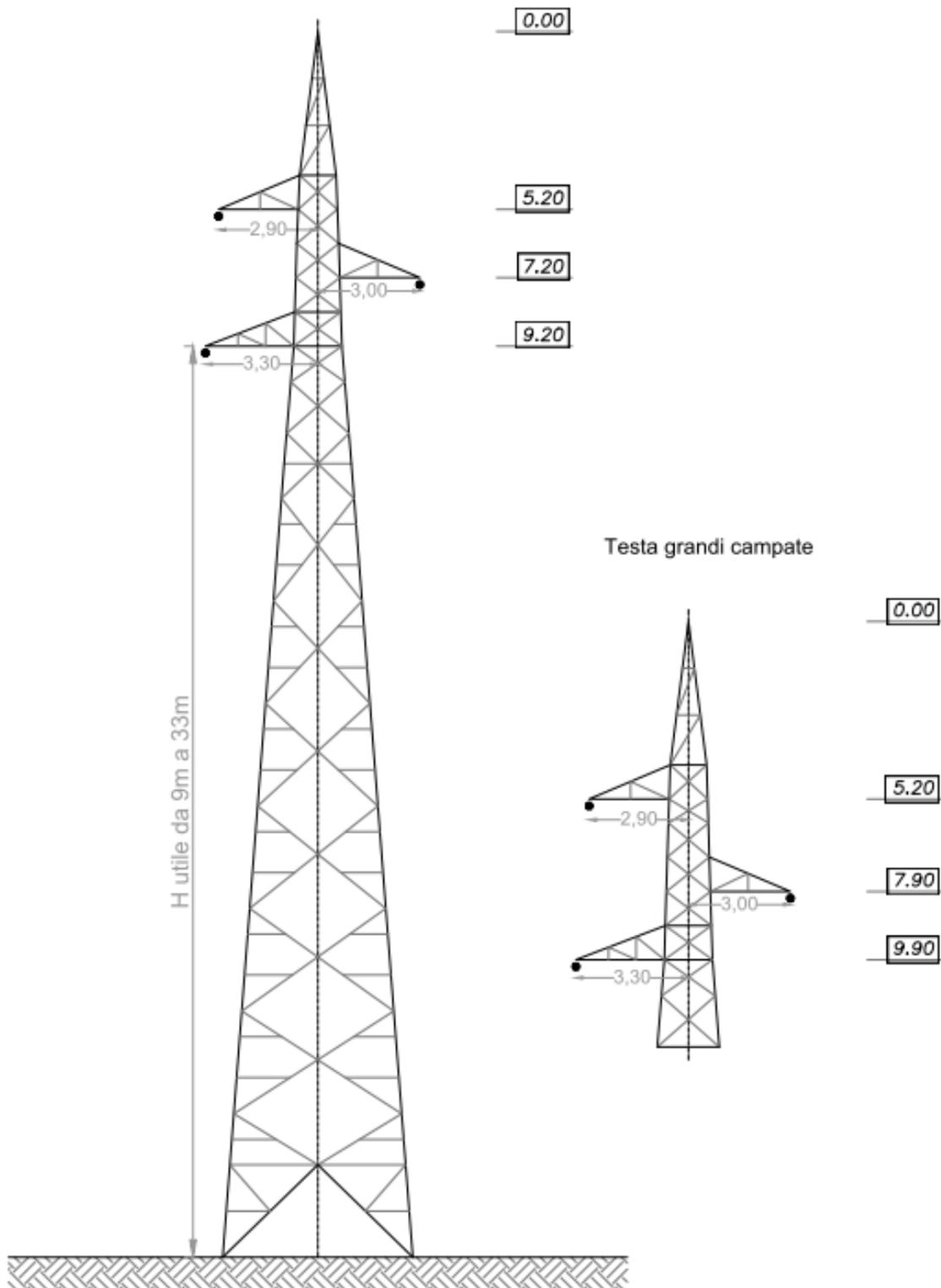


Figura 1 - Sostegno tipo "E" - Semplice Terna - 150 kV

PROGETTAZIONE:

**Tecnoprogetti Engineering & Consulting**  
Ing. Marco Angelo Luigi Murru  
via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)

CLIENTE:

**QUEEQUEG RENEWABLES, LTD**  
Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK)  
**Ecoenergy Project 2 S.r.l.**  
via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)

DOCUMENTO:

2332E 10065

Rev. 00 18/09/2023

OGGETTO:

- RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" -  
- NUOVA PALIFCAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -

Pag. 12 di 36

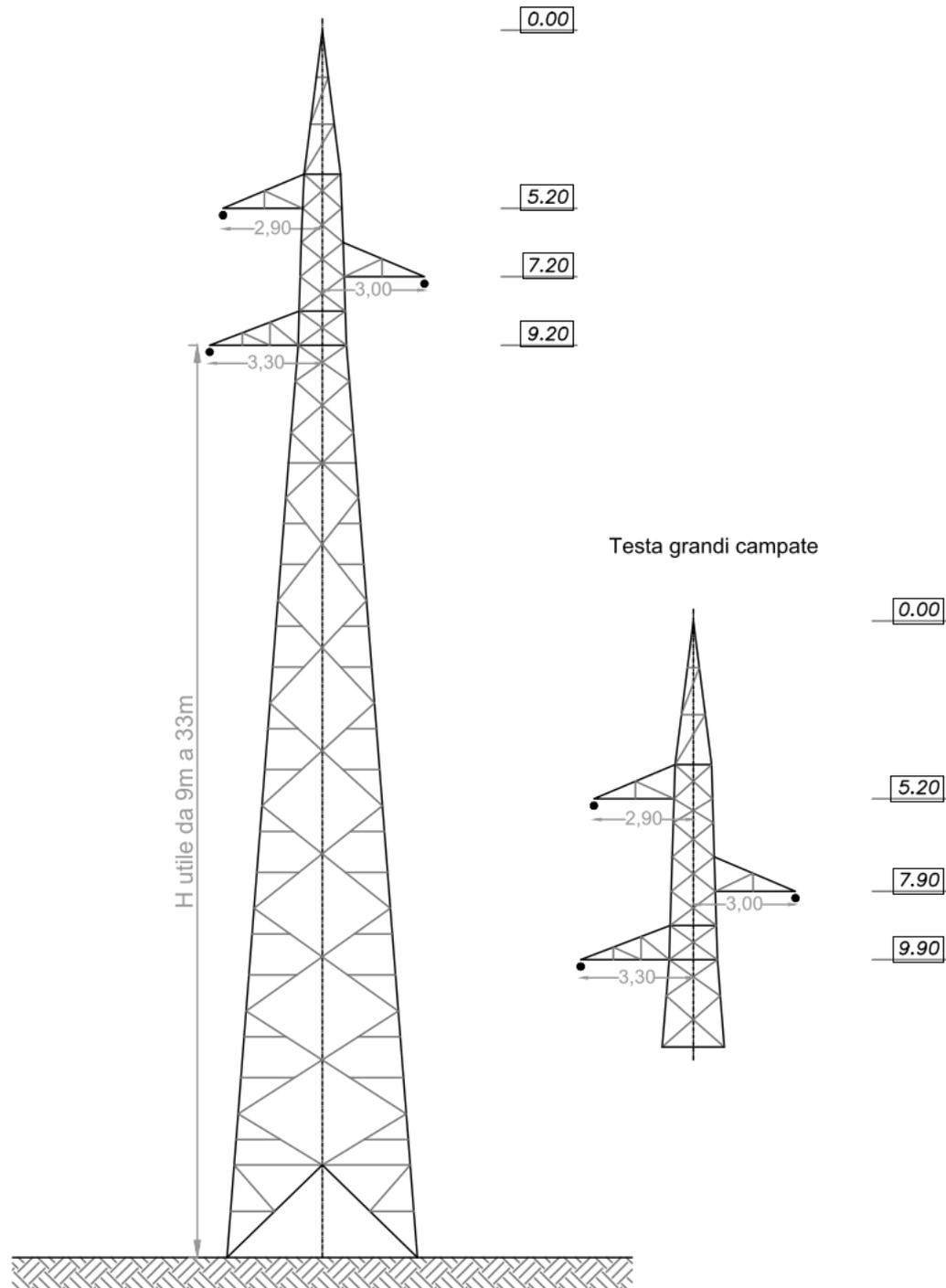


Figura 2 - Sostegno tipo "C" - Semplice Terna - tiro pieno - 150 kV

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" - - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 13 di 36

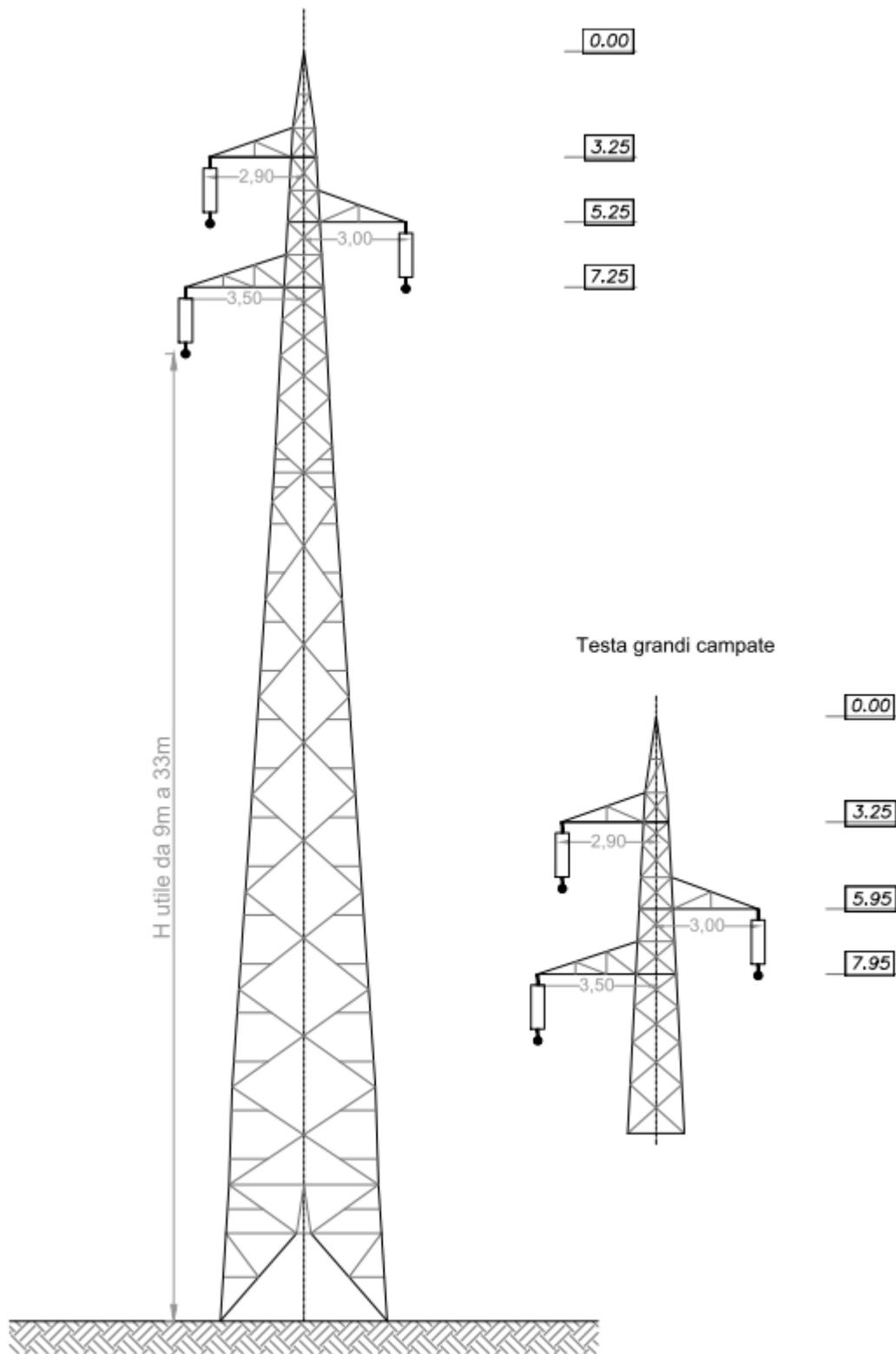


Figura 3 - Sostegno tipo "M" - Semplice Terna - firo pieno - 150 kV

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" - - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 14 di 36

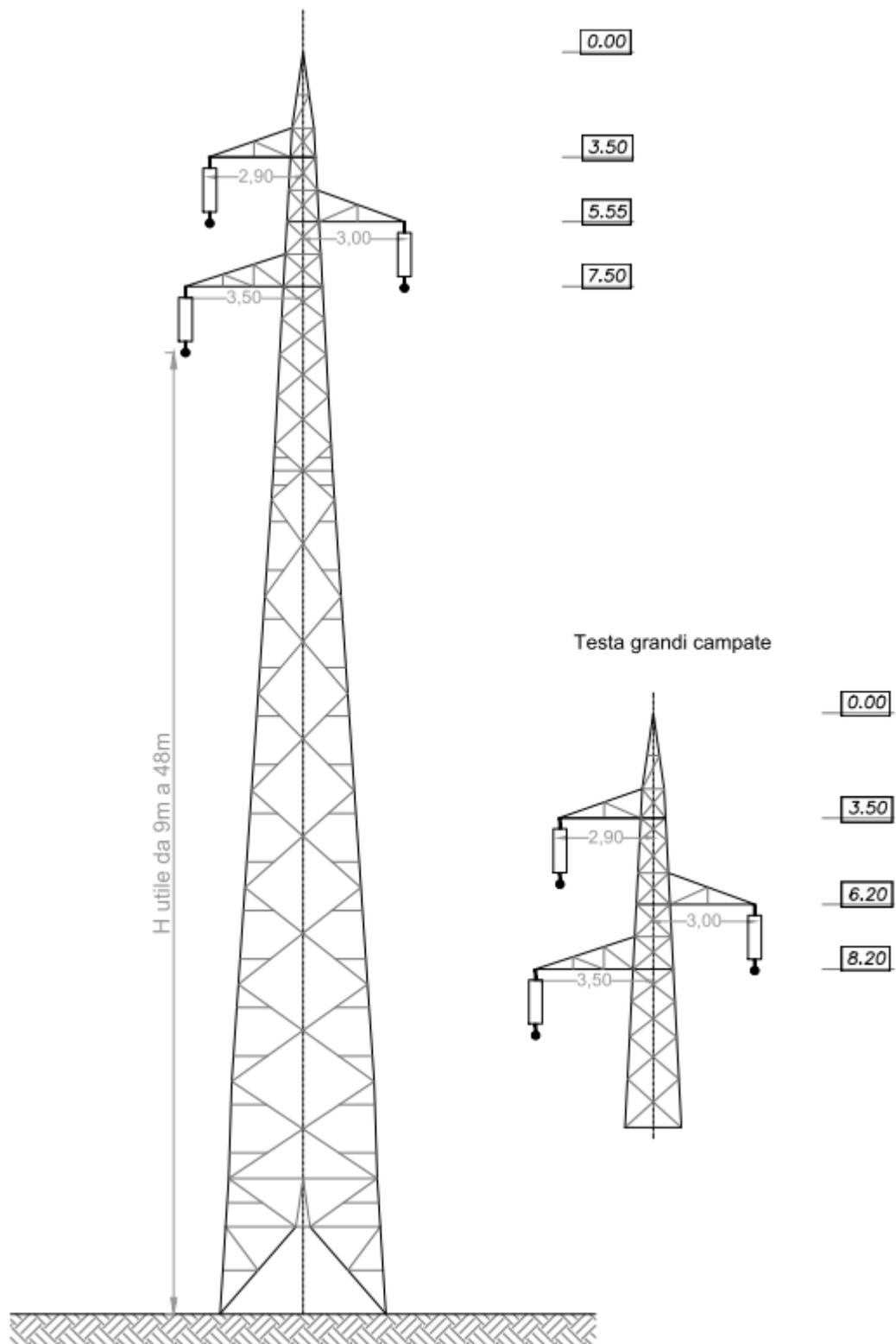


Figura 4 - Sostegno tipo "P" - Semplice Terna - tiro pieno - 150 kV

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" - - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 15 di 36

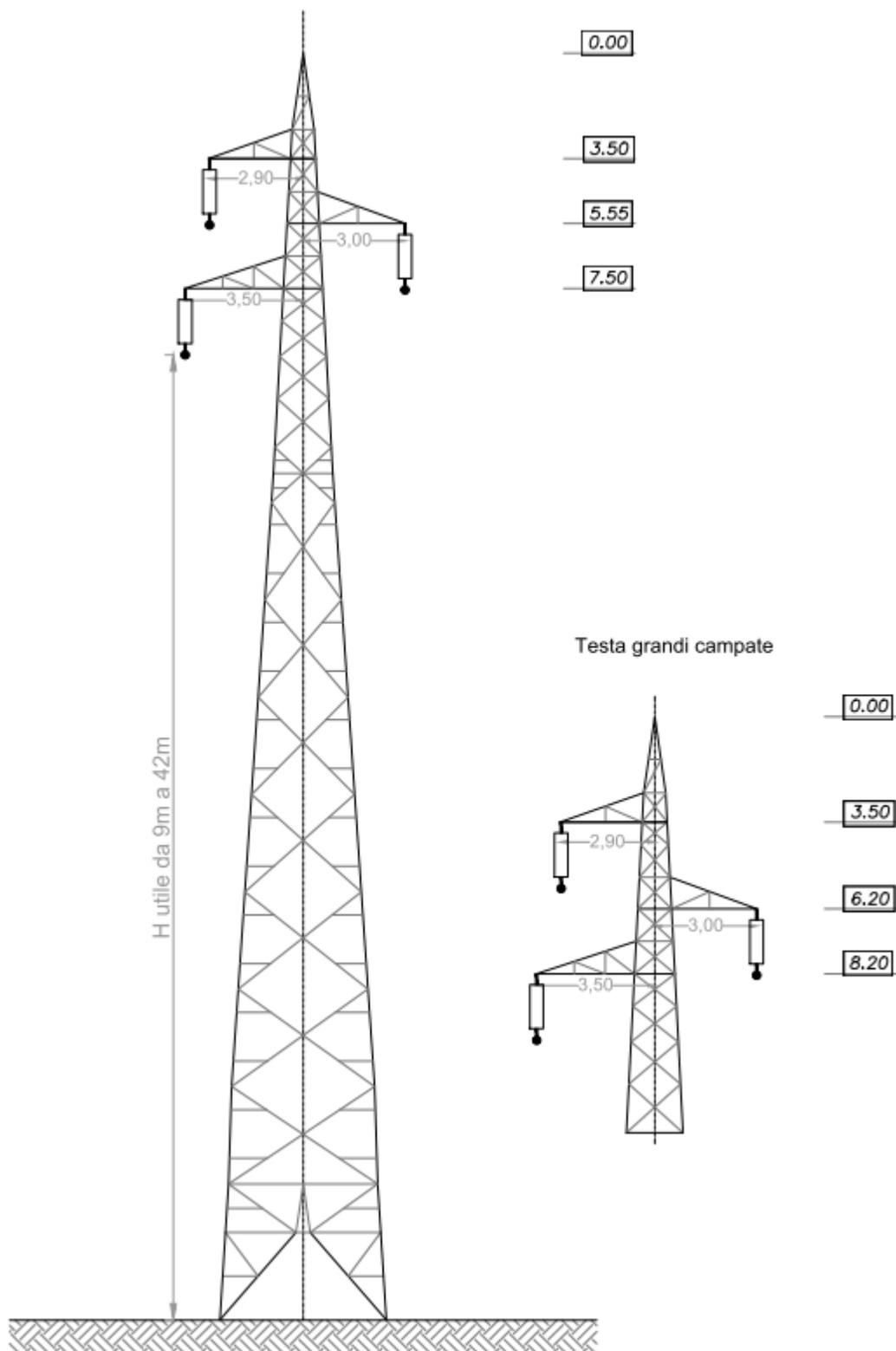


Figura 5 - Sostegno tipo "V" - Semplice Terna - tiro pieno - 150 kV

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRORODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 16 di 36

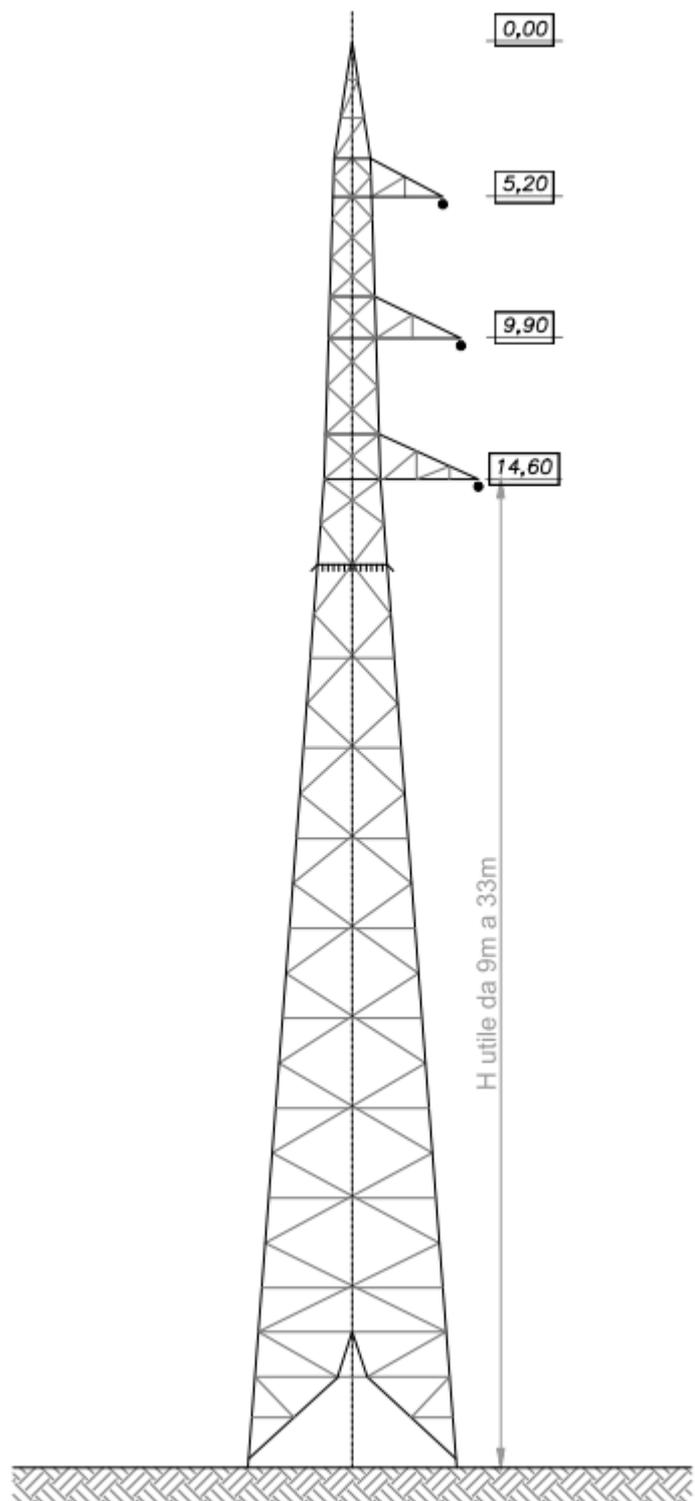


Figura 6 - Sostegno tipo "Edt" - Doppia Terna - Mensole a Bandiera - 150 kV

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" - - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 17 di 36

### 4.2.3.3. Isolamento

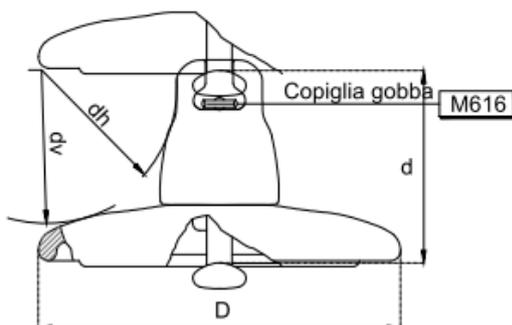
L'isolamento sui sostegni di linea, previsto per la tensione massima di esercizio, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 120 kN, connessi tra loro a formare catene di 13 elementi in amarro o sospensione.

Le catene di sospensione saranno del tipo a I semplici o doppia, mentre le catene in amarro saranno del tipo ad I doppia.

Le caratteristiche degli isolatori rispondono a quanto previsto dalle norme CEI

Sulla base delle indicazioni fornite dalle specifiche Terna, si è previsto di utilizzare la soluzione con 13 isolatori tipo J2/2 pre-verniciati antisale per tutti gli armamenti.

Nella tabella UXLJ2 di cui all'allegato "Caratteristiche componenti" sono riportate le caratteristiche geometriche tradizionali oltre le due distanze "dh" e "dv" (vedi figura seguente) atte a caratterizzare il comportamento a sovratensione di manovra sotto pioggia.



Tipo		2/1 (*)	2/2	2/3	2/4
Carico di rottura	(kN)	70	120	160	210
Diametro nominale della parte isolante	(mm)	280	280	320	320
Passo	(mm)	146	146	170	170
Accoppiamento CEI - UNEL 39161 e 39162	(grandezza)	16	16	20	20
Linea di Fuga Nominale Minima	(mm)	430	425	525	520
dh Nominale minimo	(mm)	75	75	90	90
dv Nominale minimo	(mm)	85	85	100	100
Condizioni di prova in nebbia salina	Numero di isolatori costituenti la catena	9	13	18	18
	Tensione di prova (kV)	98	142	243	243
Salinità' di tenuta (**)	(kg/m³)	56	56	56	56

Figura 7 - Selezione del tipo di isolatore

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 18 di 36

#### 4.2.3.4. Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche geometriche di cui sopra sono sufficienti a garantire il corretto comportamento delle catene di isolatori a sollecitazioni impulsive dovute a fulminazione o a sovratensioni di manovra. Per quanto riguarda il comportamento degli isolatori in presenza di inquinamento superficiale, nelle tabelle UXLJ1 e UXLJ2 allegate sono riportate, per ciascun tipo di isolatore, le condizioni di prova in nebbia salina, scelte in modo da porre ciascuno di essi in una situazione il più possibile vicina a quella di effettivo impiego.

Nella tabella che segue è poi indicato il criterio per individuare il tipo di isolatore ed il numero di elementi da impiegare con riferimento ad una scala empirica dei livelli di inquinamento.

Livello di inquinamento	Definizione	Minima salinità di tenuta [kg/m <sup>2</sup> ]
I – Nullo o leggero (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zone prive di industrie e con scarsa densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento;</li> <li>▪ Zone con scarsa densità di industrie e abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti;</li> <li>▪ Zone agricole (2);</li> <li>▪ Zone montagnose;</li> </ul> Occorre che tali zone distino almeno 10-20 km dal mare e non siano direttamente esposte a venti marini (3)	10
II – Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zone con industrie non particolarmente inquinanti e con media densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento;</li> <li>▪ Zone ad alta densità di industrie e/o abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti;</li> <li>▪ Zone esposte ai venti marini, ma non troppo vicine alla costa (distanti almeno alcuni chilometri (3)).</li> </ul>	40
III – Pesante	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zone ad alta densità industriale e periferie di grandi agglomerati urbani ad alta densità di impianti di riscaldamento produttori sostante inquinanti;</li> <li>▪ Zone prossime al mare e comunque esposte a venti marini di entità relativamente forte.</li> </ul>	160
IV - Eccezionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zone di estensione relativamente modesta, soggette a polveri o fumi industriali che causano depositi particolarmente conduttivi;</li> <li>▪ Zone di estensione relativamente modesta molto vicine a coste marine e battute da venti inquinanti molto forti;</li> <li>▪ Zone desertiche, caratterizzate da assenza di pioggia per lunghi periodi, esposte a tempeste di sabbia e sali, soggetta a intensi fenomeni di condensazione.</li> </ul>	(*)

**Tabella 5**

(1) Nelle zone con inquinamento nullo o leggero una prestazione dell'isolamento inferiore a quella indicata può essere utilizzata in funzione dell'esperienza acquisita in servizio.

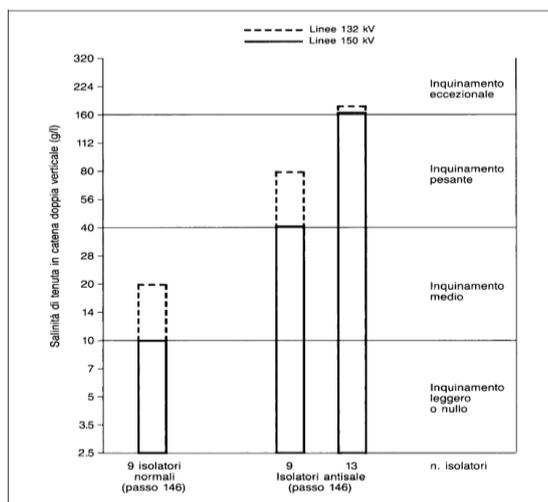
(2) Alcune pratiche agricole quali la fertirrigazione o la combustione dei residui, possono produrre un incremento del livello di inquinamento a causa della dispersione via vento delle particelle inquinanti.

(3) Le distanze dal mare sono strettamente legate alle caratteristiche topografiche della zona e dalle condizioni di vento più severe

(4) (\*) per tale livello di inquinamento non viene dato un livello di salinità di tenuta in quanto risulterebbe più elevato del massimo valore ottenibile in prove di salinità in laboratorio. Si rammenta inoltre che l'utilizzo di catene di isolatori antisale di lunghezze superiori a quelle indicate nelle tabelle di unificazione (criteri per la scelta del numero e del tipo degli isolatori) implicherebbe una linea di fuga specifica superiore a 33 mm/kV fase-fase oltre la quale interviene una non linearità del comportamento in ambiente inquinato.

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 19 di 36

Le caratteristiche della zona interessata dall'elettrodotto in esame sono tali da prevedere l'utilizzo di isolatori a catene di 13 elementi (J2/2) del tipo antisale in vetro temprato.



**Figura 8- Numero di isolatori in funzione del livello di inquinamento**

#### 4.2.3.5. Morsetteria e armamenti

##### 4.2.3.5.1. Conduttori

Gli elementi di morsetteria sono stati dimensionati in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori agli isolatori, ovvero da questi alle mensole.

Saranno previsti sei tipi di equipaggiamento: quattro impiegabili in sospensione e due in amarro. Per gli equipaggiamenti di amarro e di sospensione dei conduttori sarà previsto un unico carico di rottura pari a 120 kN.

Per equipaggiamento si intende il complesso degli elementi di morsetteria che collegano le morse di sospensione o di amarro agli isolatori e questi ultimi al sostegno.

Per la linea a 150 kV in progetto si distinguono i tipi di equipaggiamento riportati nella tabella seguente:

EQUIPAGGIAMENTO	TIPO	CARICO DI ROTTURA [kN]	SIGLA
Semplice sospensione	370/1	120	SS
Doppio per sospensione con morsa unica	370/2	120	DS
Doppio per sospensione con morsa doppia	370/3	210	M
Semplice per amarro	372/1	120	SA
Doppio per amarro	372/2	210	DA

**Tabella 6**

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 20 di 36

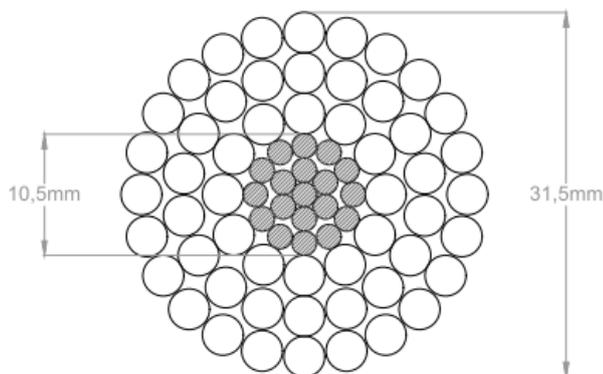
La scelta degli equipaggiamenti viene effettuata, per ogni singolo sostegno, fra quelli disponibili nel Progetto Unificato, in funzione delle azioni (trasversale, verticale e longitudinale) determinate dal tiro dei conduttori e dalle caratteristiche di impiego del sostegno esaminato (campata media, dislivello a monte e a valle, ed angolo di deviazione).

A seguito delle verifiche di dettaglio, degli armamenti in sospensione, potranno essere utilizzati dei contrappesi agganciati sotto il morsetto di sospensione al fine di rendere stabile la struttura ai fini delle distanze elettriche.

Per l'impiego del conduttore ACSR 31,50mm gli equipaggiamenti dovranno prevedere le seguenti morse:

Equipaggiamento	Conduttore	Tipo	Carico di rottura [kN]	Sigla
Sospensione	ACSR Ø 31,50	501/2	115,26	S
Sospensione con attacco contrappeso	ACSR Ø 31,50	502/2	115,26	C
Amarro	ACSR Ø 31,50	521/2	168.50	A

**Tabella 7**



TIPO		C 2/1	C 2/2 (*)
		NORMALE	INGRASSATO
FORMAZIONE	ALLUMINIO (N°x Ø)	54 x 3,50	54 x 3,50
	ACCIAIO (N°x Ø)	19 x 2,10	19 x 2,10
SEZIONI TEORICHE (mm²)	ALLUMINIO (N°x Ø)	519,5	519,5
	ACCIAIO (N°x Ø)	65,80	65,80
	TOTALE (N°x Ø)	585,3	585,3
TIPO DI ZINCATURA DELL'ACCIAIO		Normale	Maggiorata
MASSA TEORICA (Kg/m)		1,953	1,953
RESISTENZA ELETTRICA TEORICA A 20 °C (Ω/Km)		0,05564	0,05564
CARICO DI ROTTURA (daN)		16852	16852
MODULO ELASTICO FINALE (daN/mm²)		6800	6800
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE (1/°C)		19,4 x 10 <sup>-6</sup>	19,4 x 10 <sup>-6</sup>

(\*) Per zone ad alto inquinamento salino

**Tabella 8 – Caratteristiche del Conduttore Al-acc. Ø 31,5 mm**

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" - - NUOVA PALIFCAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 21 di 36

#### 4.2.3.5.2. Scelta degli armamenti per i conduttori di fase

Di seguito gli armamenti selezionati in funzione degli impieghi

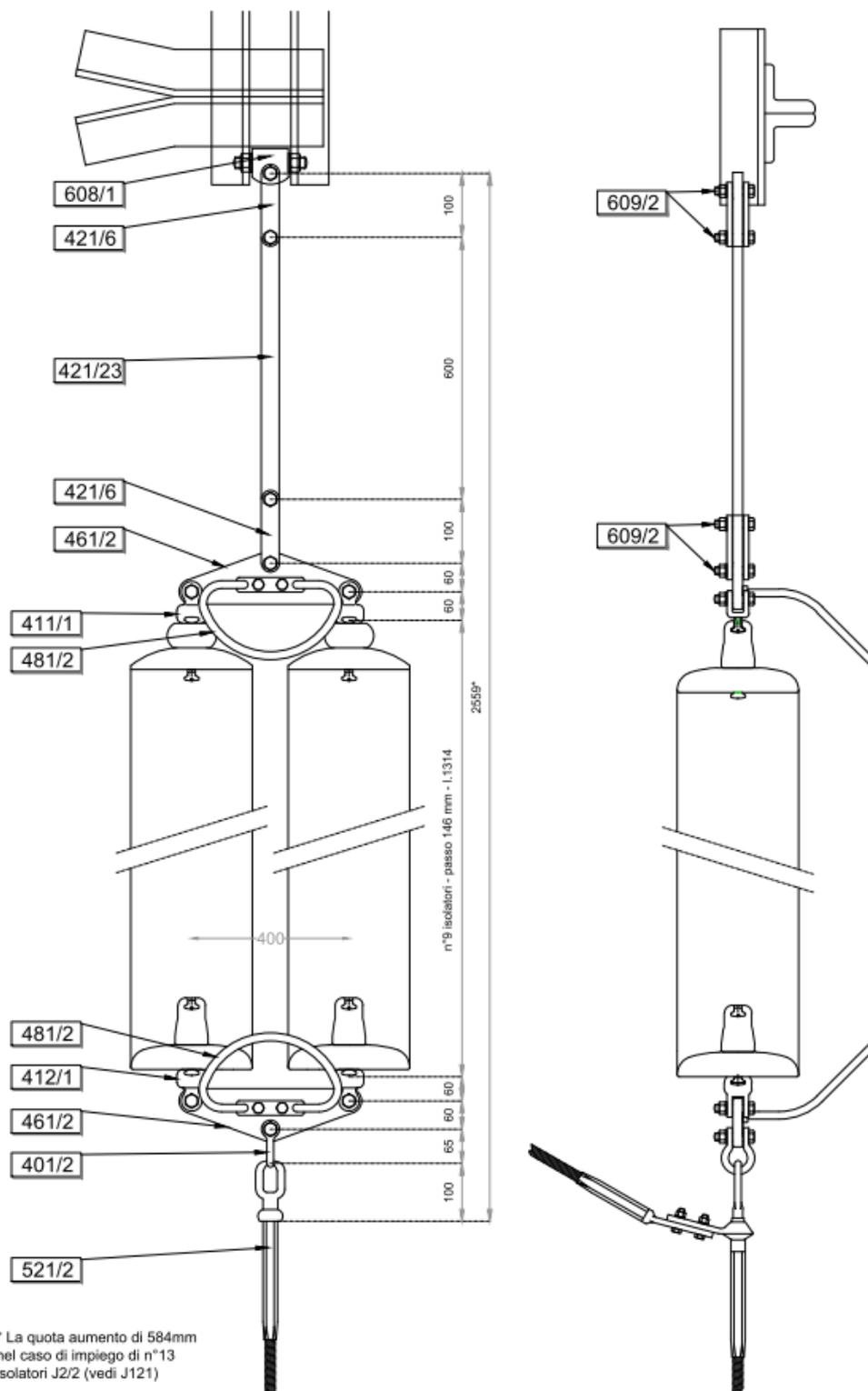


Figura 9 – Armamento per amarro doppio- per All.acc Ø 31,5 firo pieno LM122

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFCAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 22 di 36

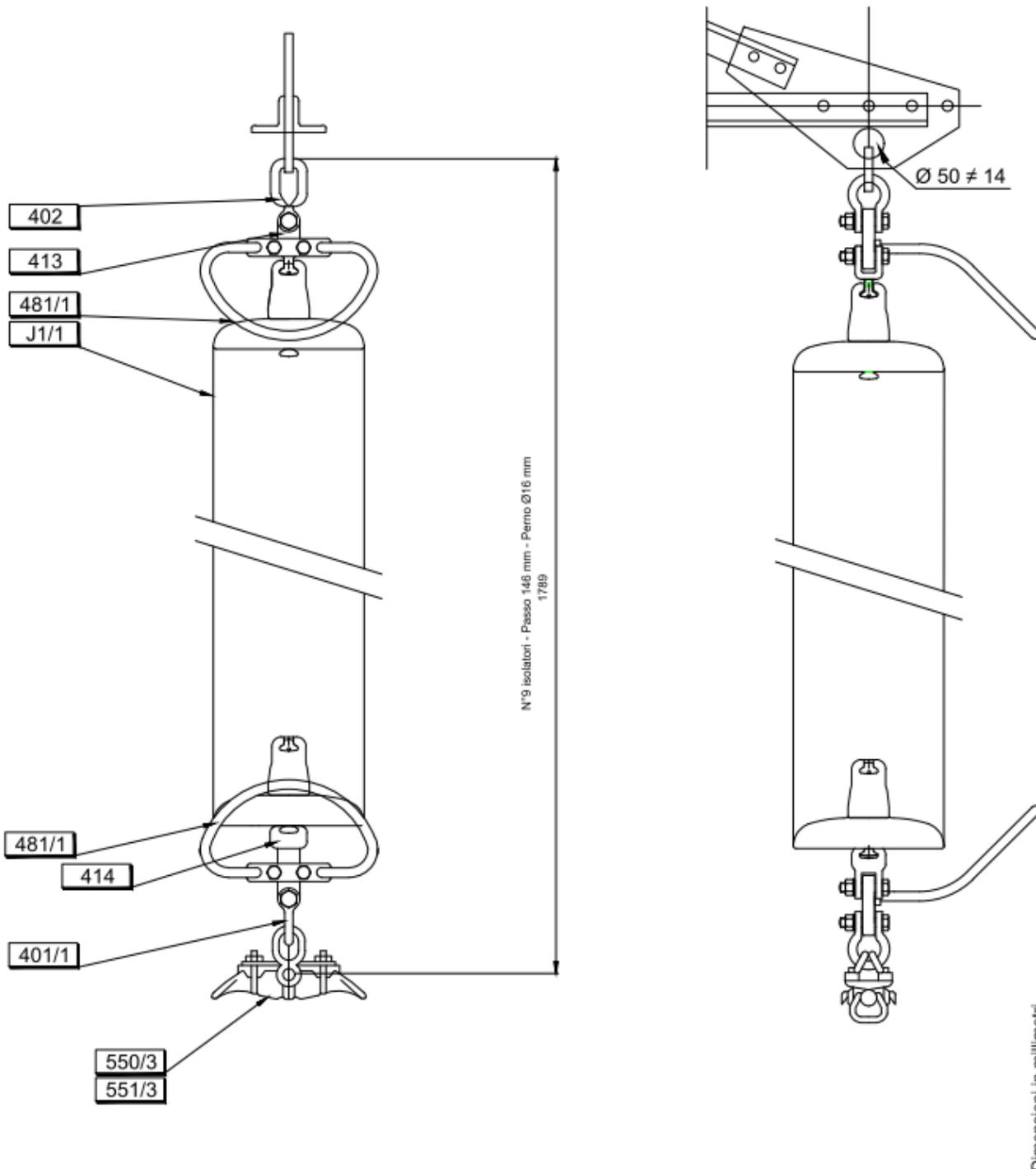
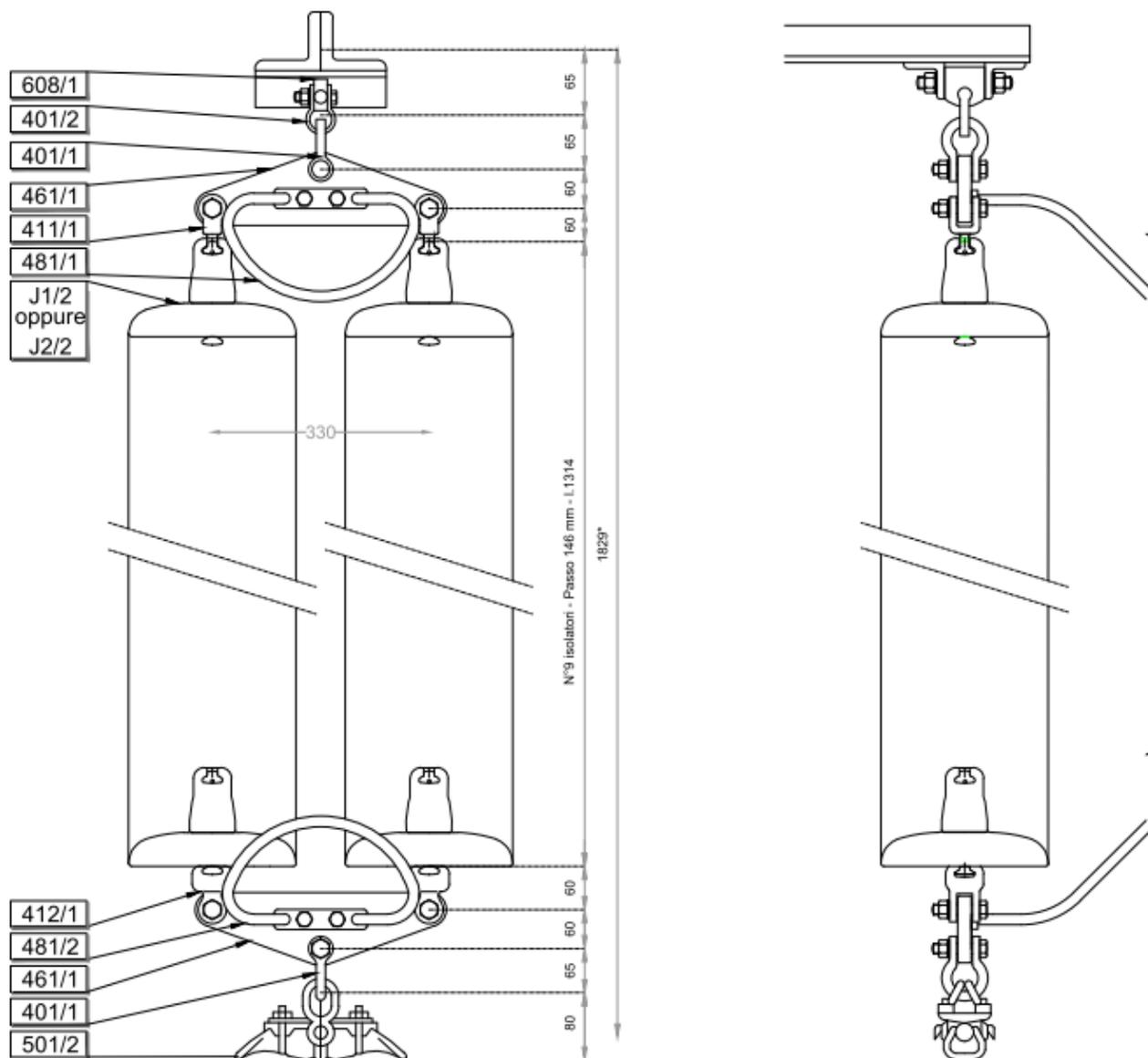


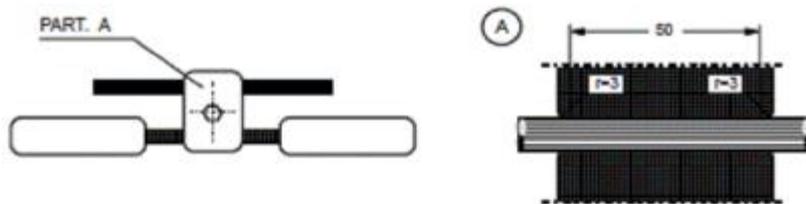
Figura 10 – Armamento per sospensione semplice- conduttore: All.acc Ø 31,5 tiro pieno LM122

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 23 di 36



**Figura 11 – Armamento per sospensione doppia - conduttore: All.acc Ø 31,5 tiro pieno LM122**

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 24 di 36

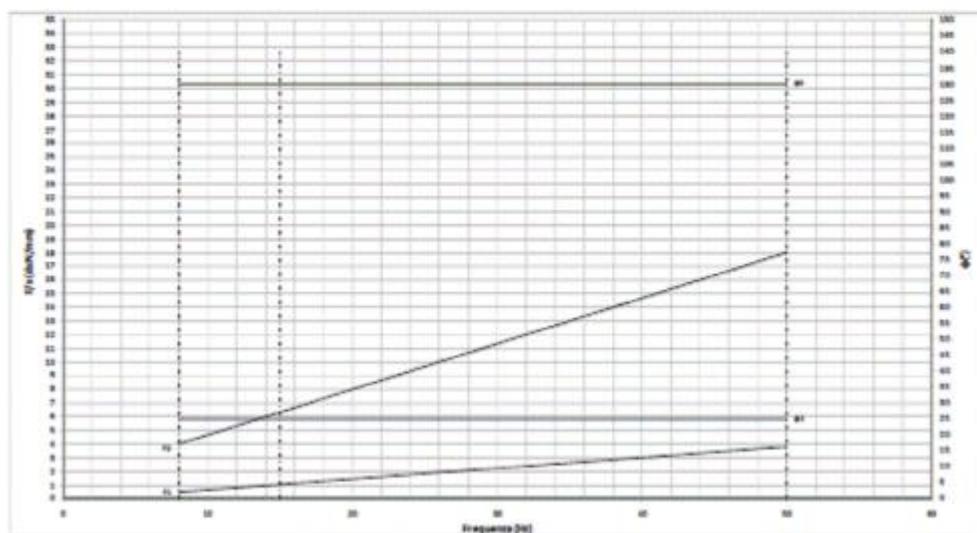


Morsetto ad un solo bullone del tipo "a montaggio facilitato". La lunghezza minima del tratto di conduttore serrato è indicato nel particolare A.

Tenuta a scorrimento

Minima T1 = 2,5 kN

Massima T2 = 5,0 kN



- Curva di risposta in forza/spostamento compresa tra F1 e F2;
- Curva di risposta in fase compresa tra  $\varphi_1$  e  $\varphi_2$ ;
- Frequenze limiti: f1 = 8 Hz ; f2 = 15 Hz ; f3 = 50 Hz.

**Figura 12 – Smorzatori di vibrazione per conduttori ad alta temperatura di lega di alluminio**

#### 4.2.3.5.3. Fune di guardia

Gli equipaggiamenti per la fune di guardia sono dettagliati graficamente nel documento di progetto "Intervento 1\_Relazione elementi tecnici d'impianto" (cod. G807\_DEF\_R\_026\_Intervento 1\_Relazione elementi tecnici di impianto\_1-1\_REV00).

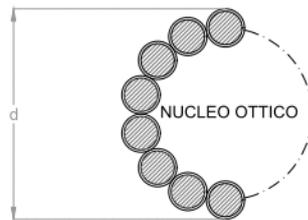
Nello specifico, essendo prevista l'installazione di una fune di guardia incorporante fibre ottiche, sono previsti cinque tipi di equipaggiamento riassunti nella tabella di seguito sia per i sostegni capolinea, quelli di amarro e quelli in sospensione.

In particolare, essendo le pezzature della fune di guardia sul mercato pari a 4000m si prevederà l'installazione di giunti lungo la tratta. Su questi pali verranno installate, ad un'altezza di circa 4m da terra delle apposite cassette in cui verrà effettuata la giunzione del cavo ottico.

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 25 di 36

Equipaggiamento	Tipo	Carico rottura [kN]	Sigla
A_CAPO	Equipaggiamento di amarro capolinea	100	DM270
AMARRO	Equipaggiamento di amarro	100	DM271
A_PASS	Equipaggiamento di amarro passante	100	DM273
A_SOSP	Equipaggiamento di amarro in sospensione	100	DM274
SOSP	Equipaggiamento di sospensione	68,4	DM205

**Tabella 9**



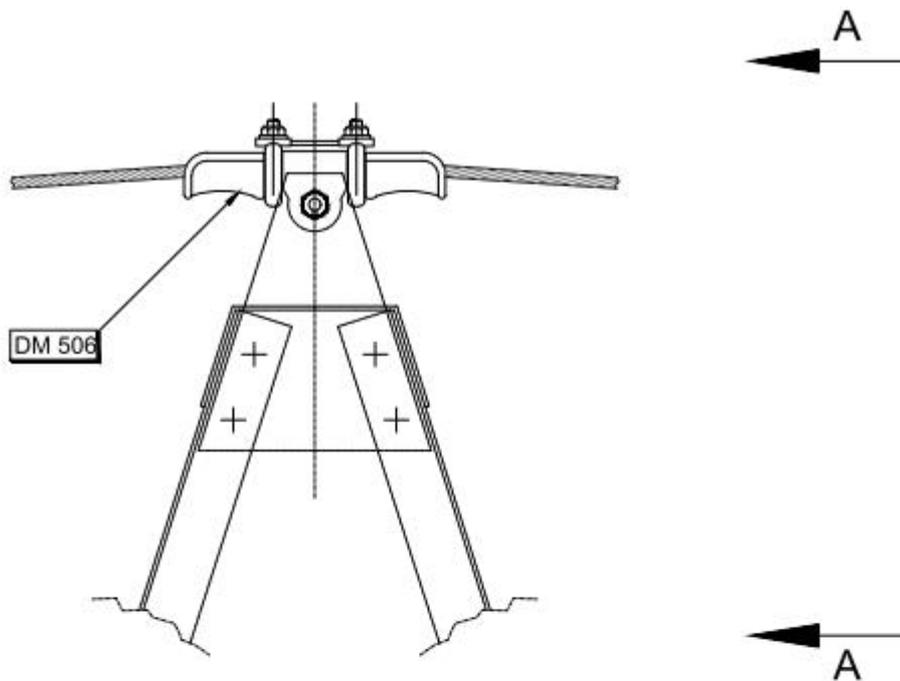
DIAMETRO NOMINALE ESTERNO	(mm)	≤ 11,5		
MASSA UNITARIA TEORICA (Eventuale grasso compreso)	(kg/m)	≤ 0,6		
RESISTENZA ELETTRICA TEORICA A 20°C	(ohm/km)	≤ 0,9		
CARICO DI ROTTURA	(daN)	≥ 7450		
MODULO ELASTICO FINALE	(daN/mm <sup>2</sup> )	≥ 1000		
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA	(1/°C)	≤ 16,0E-6		
MAX CORRENTE C.TO C. TO DURATA 0,5s	(kA)	≥ 10		
FIBRE OTTICHE SM-R (Single Mode Reduced)	NUMERO	(n°)	48	
	ATTENUAZIONE	a 1310 nm	(dB/km)	≤ 0,36
		a 1550 nm	(dB/km)	≤ 0,22
	DISPERSIONE CROMATICA	a 1310 nm	(ps/nm - km)	≤ 3,5
		a 1550 nm	(ps/nm - km)	≤ 20

**Tabella 10 – Fune di Guardia in acciaio rivestido di Alluminio Ø 11,5 mm - con all'interno 48 fibre ottiche-**

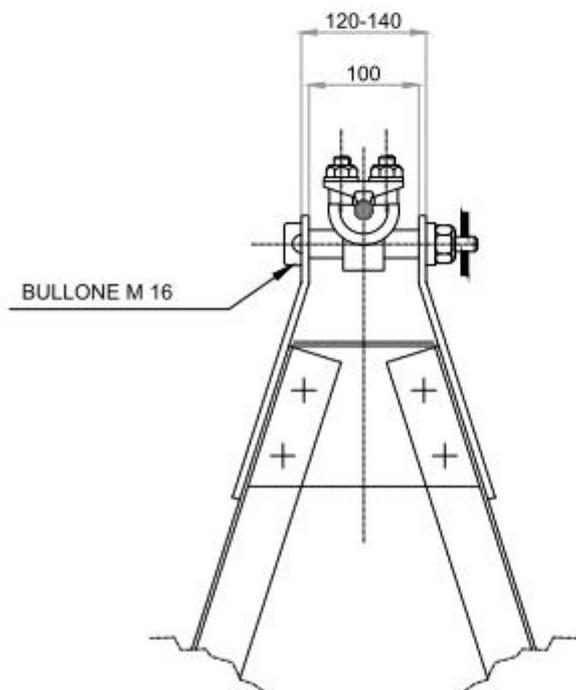
<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" - - NUOVA PALIFCAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 26 di 36

#### 4.2.3.5.1. Scelta degli armamenti per la fune di guardia

Di seguito gli armamenti selezionati in funzione degli impieghi

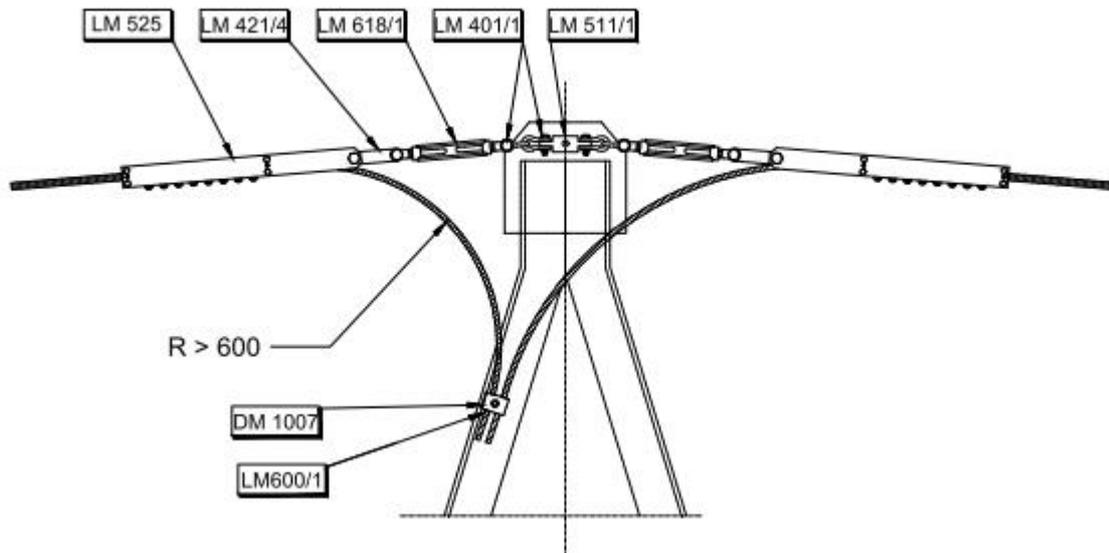


Vista A-A

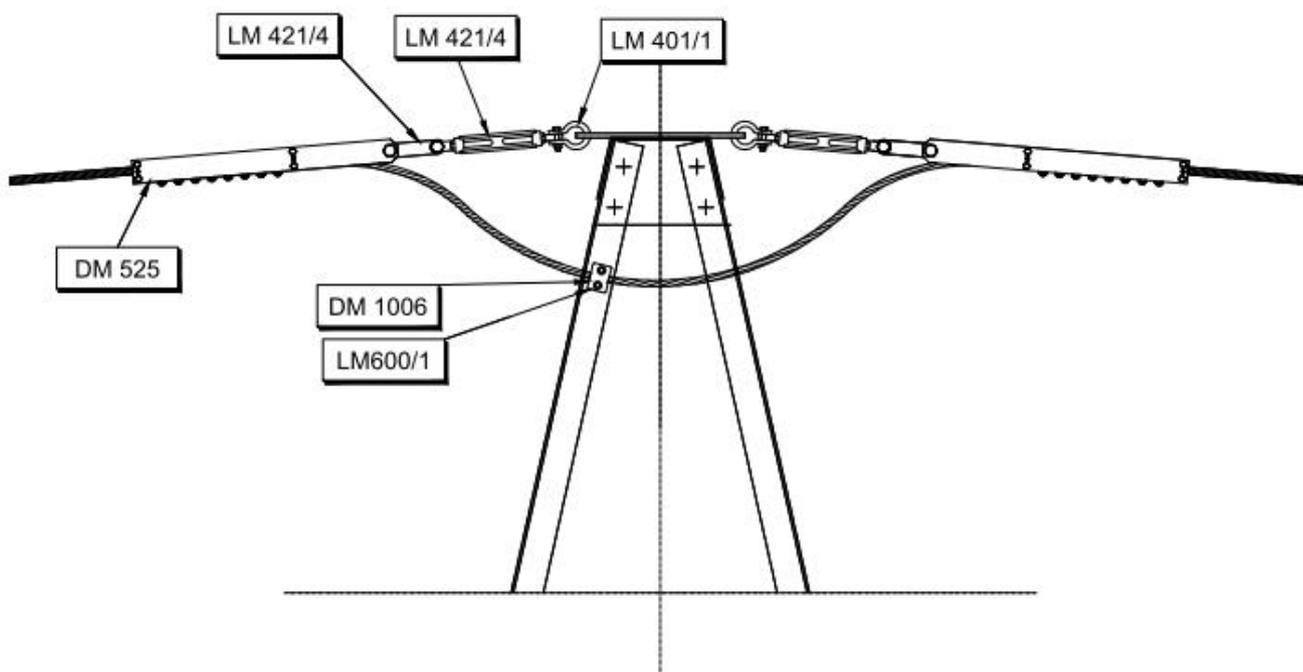


<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" - - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 27 di 36

**Figura 13 – Armamento per sospensione per la Fune di Guardia Ø 11,5 con incorporate le Fibre Ottiche**



**Figura 14 – Armamento in amarro per la Fune di Guardia Ø 12,48 con incorporate le Fibre Ottiche**



**Figura 15 – Armamento in amarro per la Fune di Guardia Ø 11,5 con incorporate le Fibre Ottiche**

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 28 di 36

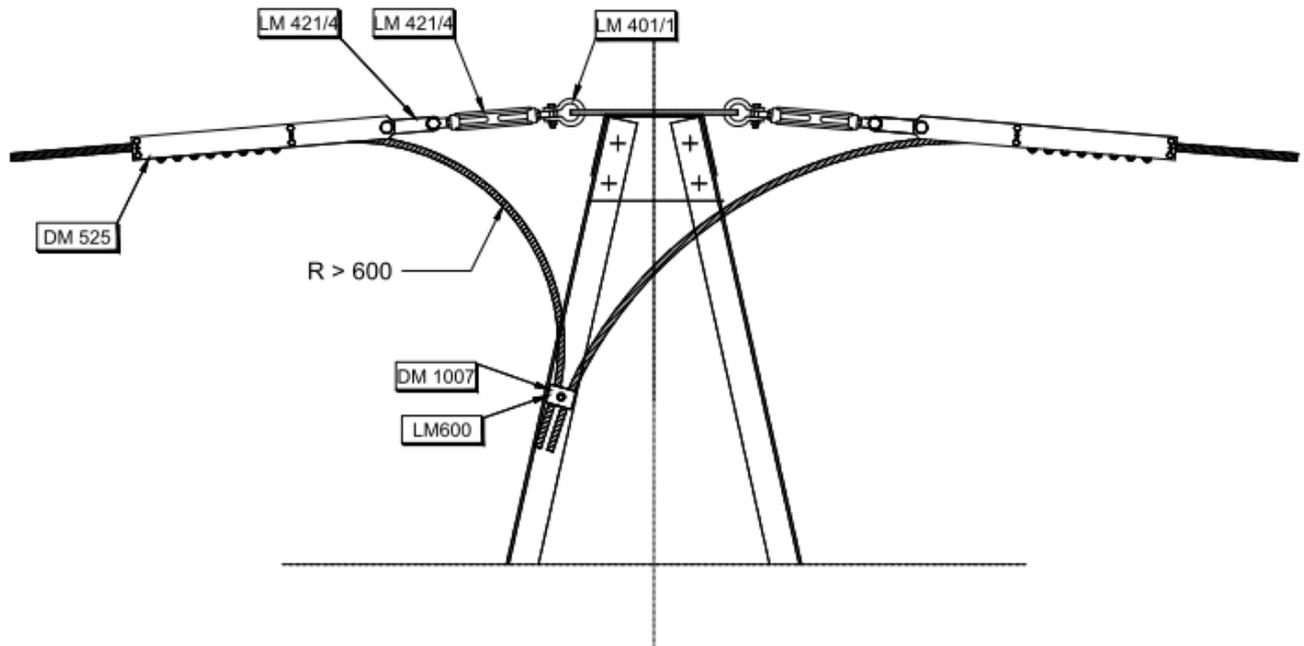


Figura 16 – Armamento in amarro per la Fune di Guardia Ø 11,5 con incorporate le Fibre Ottiche

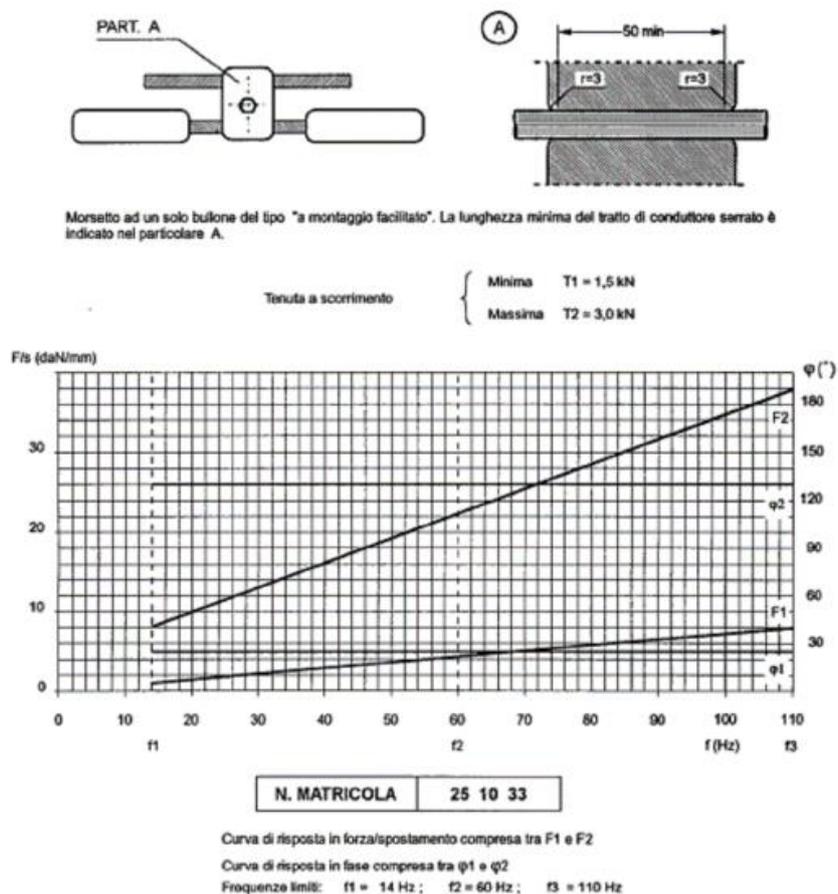


Figura 17 – Smorzamento di vibrazione per Fune di Guardia Ø 11,5 con incorporate le Fibre Ottiche

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFCAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 29 di 36

#### 4.2.4. Valutazione distanza da altre opere

Per quanto riguarda la verifica, nella zona interessata, non esistono condizioni particolari di verifica con sovraccarichi eccezionali. La costruzione delle linee elettriche aeree esterne è regolata dalla legge 28 Giugno 1986 n. 339 e dal suo regolamento di esecuzione D.M. LL.PP. 21 Marzo 1988 e successivi aggiornamenti apportati con D.M. 16 Gennaio 1991 e 5 Agosto 1998. Le suddette leggi sono state recepite dalla Norma CEI 11-4 (V° ed. del 1998). Le prescrizioni tecniche sono relative alle ipotesi di carico da considerare, alle prestazioni dei componenti della linea (sostegni, conduttori, morsetteria, ecc...), alle distanze di rispetto dei sostegni e dei conduttori da altre opere vicine o attraversate, (in funzione delle ipotesi di carico suddette) dal suolo e dalla vegetazione.

L'assetto e le sollecitazioni del conduttore devono essere calcolati nelle ipotesi indicate nella tabella seguente con riferimento alla zona A:

Condizioni	Temperatura	Vento trasversale	Spessore Ghiaccio	Prescrizione per linee 3ª classe
EDS	15°C	0	0	Tiro max < 25% carico rottura
MSA	-5°C	130 km/h	0	Tiro max < 50% carico rottura
MFA	55°C	0	0	Rispetto franchi sul terreno ecc.

**Tabella 11**

Legenda:

- EDS -> Sollecitazione di ogni giorno (Every Day Stress)
- MSA -> Massima Sollecitazione in zona A
- MFA -> Massima Freccia in zona A

Le prescrizioni relative al rispetto dei franchi e delle distanze da altre opere sono riassunte nelle tabelle seguenti:

- Ipotesi di calcolo ai fini dell'applicazione delle distanze di rispetto per i conduttori (DM 21/03/1988 art. 2.2.04)

Condizioni	Temperatura	Vento	Ghiaccio
MFA	55°C	0	0

**Tabella 12**

- Distanze di rispetto dei conduttori (DM 21/03/1988 artt. 2.1.05 e 2.1.06)

CONDIZIONI DI CALCOLO	DISTANZA DA	VALORI DI LEGGE
MFA	Autostrade, strade statali e provinciali, ferrovie	9,25 m
MFA	Linee elettriche MT o BT	3,75 m
MFA	Linee telecomunicazione	3,75 m
MFA	Sostegni di altre linee	5,25 m
MFA	Terreno e acque non navigabili	6,40 m

**Tabella 13**

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 30 di 36

- Distanze di rispetto dei sostegni (DM 21/03/1988 art. 2.1.07)

CONDIZIONI DI CALCOLO	DISTANZA DA	VALORI DI LEGGE
-	Confine strada statale	15,00 m
-	Confine strada provinciale	7,00 m
-	Confine strada comunale	3,00 m
-	Gasdotti con pressione uguale o maggiore di 25 atm	6,00 m
-	Oleodotti e gasdotti eserciti con pressione minore di 25 atm	2,00 m

**Tabella 14**

- Angoli di incrocio (DM 88 art. 2.1.10)

ANGOLO DI INCROCIO DELLA LINEA	VALORE DI LEGGE MINIMO
Con ferrovie, strade statali, autostrade	15°

**Tabella 15**

#### 4.2.5. Fondazioni

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni. La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo. In generale le tipologie di fondazioni adottate per i sostegni a traliccio, possono essere così raggruppate:

TIPOLOGIA DI SOSTEGNO	FONDAZIONE	TIPOLOGIA FONDAZIONE
Traliccio	Superficiale	Tipo CR o platea
	Profonda	Pali trivellati
		Micropali tipo tubfix

**Tabella 16**

Le fondazioni superficiali sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, mentre nel caso di presenza di terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili vengono progettate fondazioni speciali (pali trivellati, micropali, tubFix.).

La scelta della tipologia fondazionale viene sempre condotta in funzione dei seguenti parametri, in accordo alle NTC 2018:

- Carichi trasmessi alla struttura di fondazione;
- Modello geotecnico caratteristico dell'area sulla quale è prevista la messa in opera del sostegni;
- Dinamica geomorfologica al contorno

Nella fase esecutiva della progettazione, per la scelta delle tipologie di fondazioni da impiegare, si procederà pertanto ad una campagna di indagini geognostiche e sondaggi mirati su ciascun picchetto, sulla base dei quali verranno scelte e dimensionate le fondazioni per ciascun sostegno.

<b>PROGETTAZIONE:</b>  <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b>  <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065  Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b>  - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFCAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 31 di 36

#### **4.2.5.1. Messa a terra dei sostegni**

Per ogni sostegno, in funzione della resistività del terreno misurata in sito e secondo quanto indicato dal riferimento normativo rappresentato dalla Norma CEI 99-3 (CEI EN 50522) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.", 2011-07 verrà dimensionato l'impianto disperdente il quale avrà la molteplice funzionalità di:

- Sopportare dal punto di vista termico la massima corrente dispersa
- Salvaguardare la sicurezza delle persone durante il guasto
- Assicurare l'affidabilità della linea, riducendo il rischio di fuori servizio della stessa, in caso di fulminazione, ad un valore ritenuto accettabile.

L'impianto di terra dei nuovi sostegni sarà costituito in linea generale da dispersori ad anello eventualmente integrati con dispersori di profondità.

#### **4.2.5.2. Scavi**

La realizzazione di un elettrodotto aereo è suddivisibile in tre fasi principali:

- Esecuzione delle fondazioni dei sostegni;
- Montaggio dei sostegni;
- Messa in opera dei conduttori e delle corde di guardia.

Solo la prima fase comporta movimenti di terra, come descritto nel seguito.

Oltre agli scavi di fondazione, saranno realizzati dei piccoli scavi in prossimità del sostegno per la posa dei dispersori di terra con successivo rinterro e costipamento. La realizzazione delle fondazioni di un sostegno prende avvio con l'allestimento dei cosiddetti "microcantieri" relativi alle zone localizzate da ciascun sostegno. Essi sono destinati alle operazioni di scavo, getto in cemento armato delle fondazioni, rinterro ed infine all'assemblaggio degli elementi costituenti la tralicciatura del sostegno. Mediamente interessano un'area circostante delle dimensioni di circa 25x25 m e sono immuni da ogni emissione dannosa.

#### **4.2.5.3. Opere civili – Fondazioni sostegni di linea**

Con il termine fondazione si intende la struttura (mista in acciaio-calcestruzzo) interrata, incaricata di trasmettere gli sforzi al terreno (compressione e/o strappamento), generati da:

- peso dei conduttori;
- peso degli armamenti;
- peso del sostegno;

con anche sommate le azioni del vento sulle sezioni coperte da un eventuale manicotto di ghiaccio (in funzione della zona climatica).

Le fondazioni unificate per i sostegni della serie 150 kV semplice terna sono del tipo a piedini separati e sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza.

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 32 di 36

Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:

- a)** un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggi sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- b)** un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- c)** un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

Poiché le fondazioni unificate sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili, su terreni allagabili o su versanti ad elevata pendenza, potrebbero essere necessarie fondazioni speciali (pali trivellati, micropali, tiranti in roccia), sulla base di apposite indagini geotecniche che saranno effettuate in fase esecutiva.

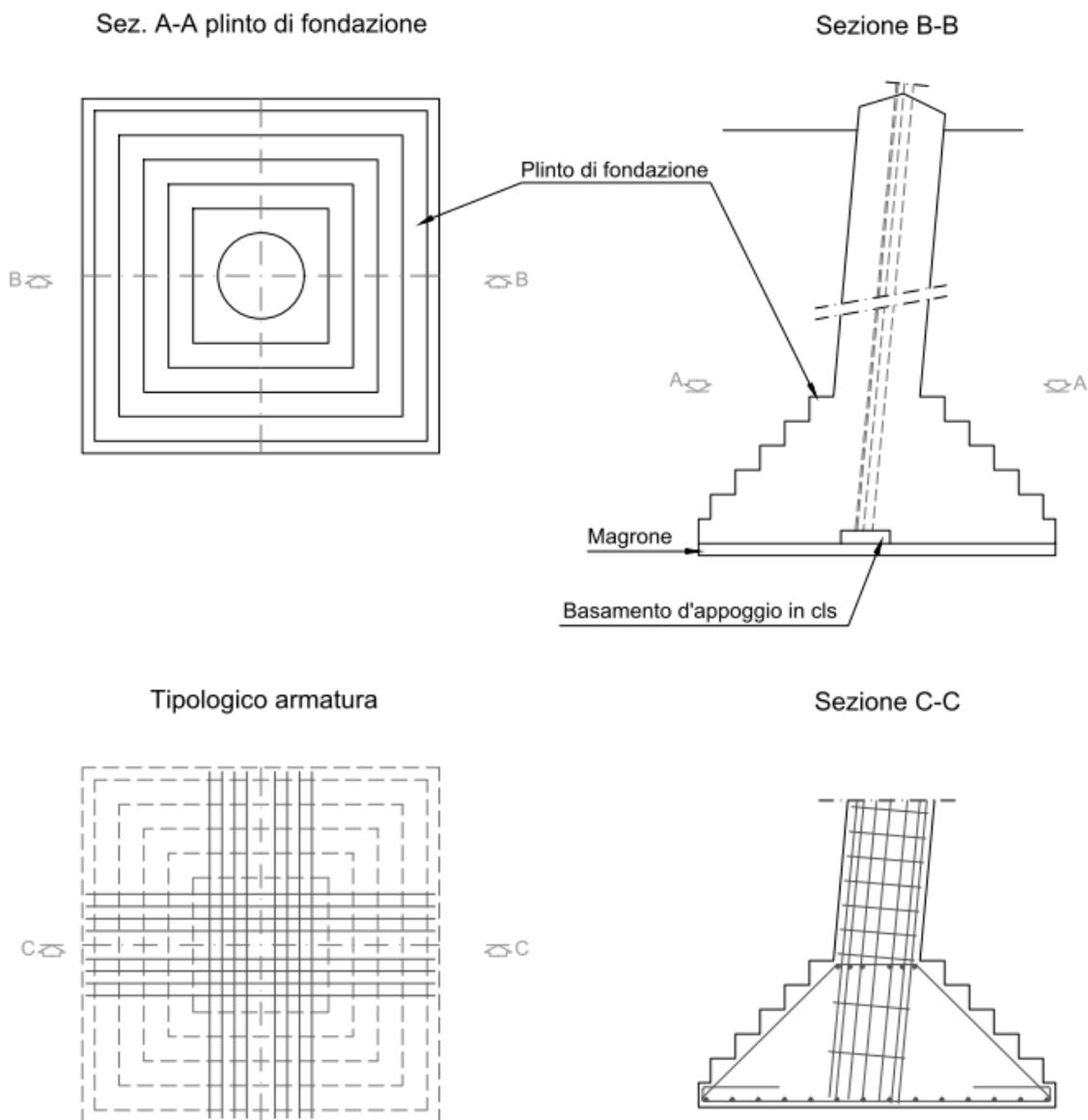
Per l'opera in oggetto in fase esecutiva saranno effettuate delle approfondite indagini geognostiche, che permetteranno di utilizzare la fondazione che meglio si adatti alle caratteristiche geomeccaniche e morfologiche del terreno interessato.

#### **4.2.5.3.1. Fondazioni a plinto con riseghe**

Predisposti gli accessi alle piazzole per la realizzazione dei sostegni, si procede alla pulizia del terreno e allo scavo delle fondazioni. Queste saranno in genere di tipo diretto e dunque si limitano alla realizzazione di 4 plinti agli angoli dei tralicci (fondazioni a piedini separati).

Ognuna delle quattro buche di alloggiamento della fondazione è realizzata utilizzando un escavatore e avrà dimensioni di circa 3x3 m con una profondità non superiore a 4 m, per un volume medio di scavo pari a circa 30 mc; una volta realizzata l'opera, la parte che resterà in vista sarà costituita dalla parte fuori terra dei colonnini di diametro di circa 1 m. Pulita la superficie di fondo scavo si getta, se ritenuto necessario per un migliore livellamento, un sottile strato di "magrone". Nel caso di terreni con falda superficiale, si procederà all'aggottamento dell'acqua dallo scavo con una pompa. In seguito si procede con il montaggio dei raccordi di fondazione e dei piedi, il loro accurato livellamento, la posa dell'armatura di ferro e delle casserature, il getto del calcestruzzo. Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle casserature. Si esegue quindi il rinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo, ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno. Il materiale di risulta, mediamente meno del 10% di quello scavato, sarà gestito secondo quanto previsto nel piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo.

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065
		Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 33 di 36



**MATERIALI**

- CALCESTRUZZO PER GETTI DI SOTTOFONDAZIONE C12/C15
- CALCESTRUZZO PER GETTI DI FONDAZIONE C25/30
- ACCIAIO PER ARMATURE B450C
- COPRIFERRO 4 cm
- SOVRAPP.E ARMATURA SE NON DIVERSAMENTE SPECIF.: 60Ø

**PRESCRIZIONI OPERATIVE**

PREVEDERE UNA ADEGUATA COMPATTAZIONE DEL TERRENO DI RINTERRO (PESO SPECIFICO > 1800 daN/mc)

**Figura 18 - Tipologico fondazione sostegno - Plinto di fondazione con riseghe**

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" - - NUOVA PALIFCAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 34 di 36

### 4.2.5.3.2. Pali trivellati

La realizzazione delle fondazioni con pali trivellati avviene come segue.

Pulizia del terreno; posizionamento della macchina operatrice; realizzazione di un fittone per ogni piedino mediante trivellazione fino alla quota prevista in funzione della litologia del terreno desunta dalle prove geognostiche eseguite in fase esecutiva (mediamente 15 m) con diametri che variano da 1,5 a 1,0 m, per complessivi 15 mc circa per ogni fondazione; posa dell'armatura; getto del calcestruzzo fino alla quota di imposta del traliccio. Successivamente si procederà al montaggio e posizionamento della base del traliccio; alla posa dei ferri d'armatura, alla cassetatura del pilastro ed al getto di calcestruzzo per realizzare il raccordo di fondazione al trivellato; ed infine il disarmo ed il ripristino del piano campagna ed all'eventuale rinverdimento. Durante la realizzazione dei trivellati, per limitare gli inconvenienti dovuti alla presenza di falda, verrà utilizzata, in alternativa al tubo forma metallico, della bentonite che a fine operazioni dovrà essere recuperata e smaltita secondo le vigenti disposizioni di legge. Anche in questo caso il materiale di risulta sarà gestito secondo quanto previsto nel piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo.

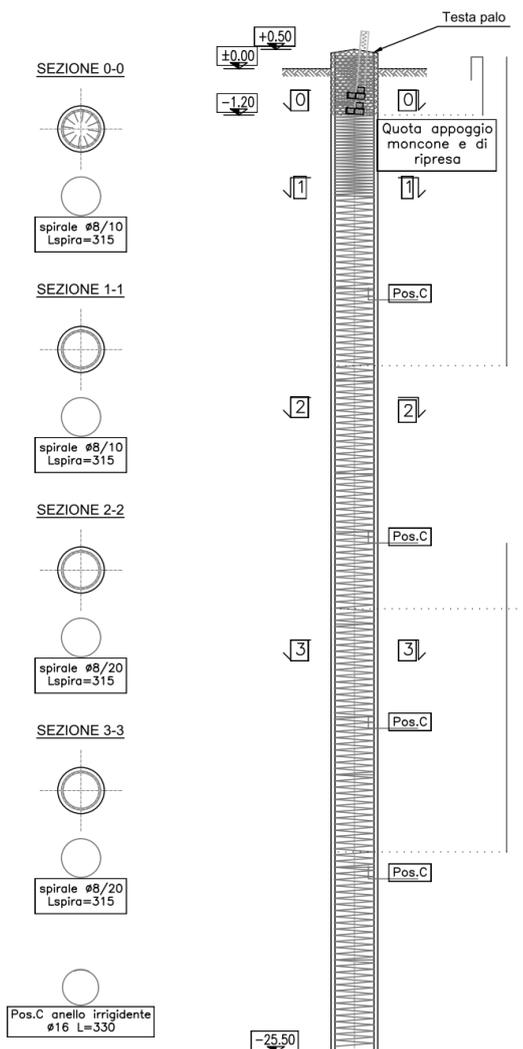


Figura 19 - Tipologico fondazione sostegno - Palo trivellato -

<b>PROGETTAZIONE:</b> <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	<b>CLIENTE:</b> <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	<b>DOCUMENTO:</b> 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
<b>OGGETTO:</b> - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 35 di 36

### 4.2.5.3.3. Micropali

La realizzazione delle fondazioni con micropali avviene come segue.

Pulizia del terreno; posizionamento della macchina operatrice; realizzazione di una serie di micropali per ogni piedino con trivellazione fino alla quota prevista; posa dell'armatura; iniezione malta cementizia. Scavo per la realizzazione dei dadi di raccordo micropali-traliccio; messa a nudo e pulizia delle armature dei micropali; montaggio e posizionamento della base del traliccio; posa in opera delle armature del dado di collegamento; getto del calcestruzzo. Il volume di scavo complessivo per ogni piedino è circa 5 m<sup>3</sup>. A fine stagionatura del calcestruzzo si procederà al disarmo dei dadi di collegamento; al ripristino del piano campagna ed all'eventuale rinverdimento.

Durante la realizzazione dei micropali, per limitare gli inconvenienti dovuti alla presenza di falda, verrà utilizzato un tubo forma metallico, per contenere le pareti di scavo, che contemporaneamente alla fase di getto sarà recuperato. Anche in questo caso il materiale di risulta sarà gestito secondo quanto previsto nel piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo.

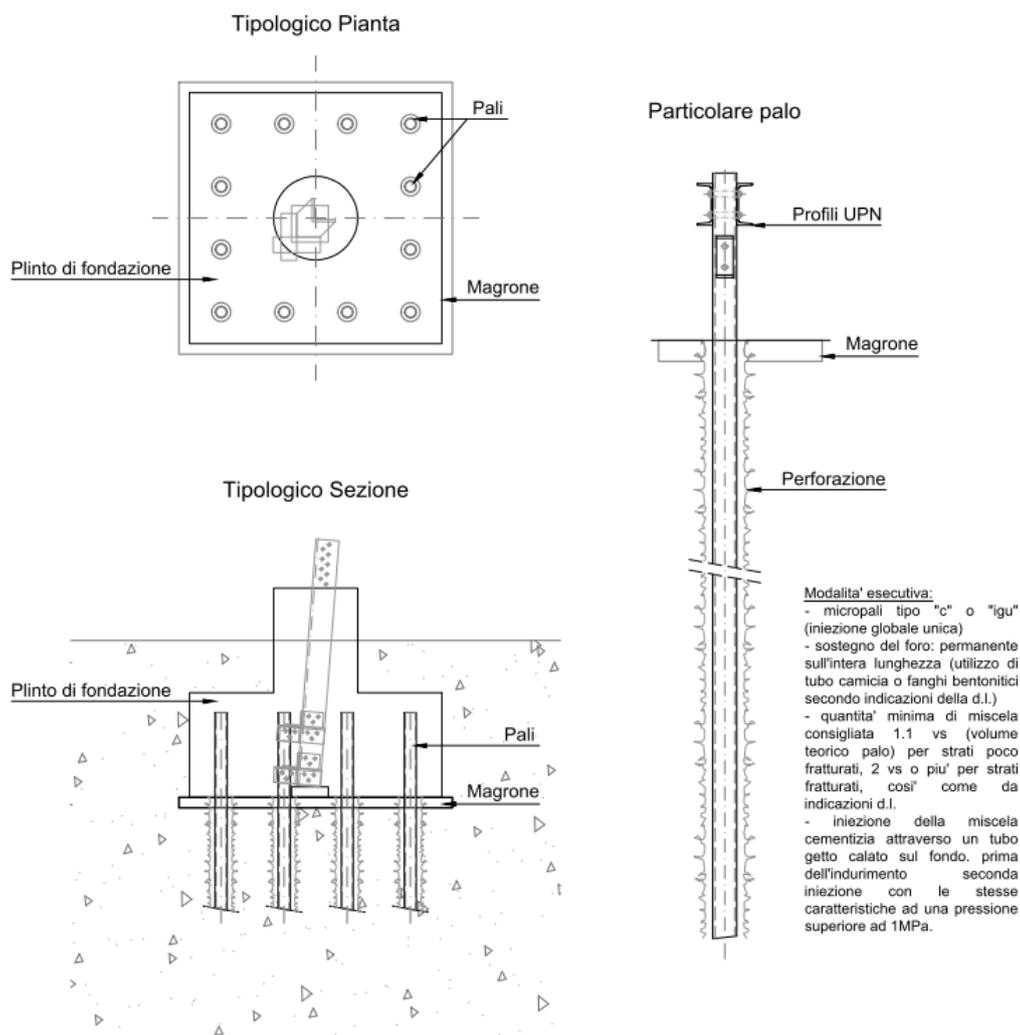


Figura 20 - Tipologico fondazione sostegno - Micropali -

PROGETTAZIONE: <b>Tecnoprogetti Engineering &amp; Consulting</b> Ing. Marco Angelo Luigi Murru via Pietro Nenni, 11- 09042 – Monserrato (CA)	CLIENTE: <b>QUEEQUEG RENEWABLES, LTD</b> Unit 3.21, 1110 Great West Road - TW80GP London (UK) <b>Ecoenergy Project 2 S.r.l.</b> via Alessandro Manzoni, 30 - 20121 MILANO (MI)	DOCUMENTO: 2332E 10065 Rev. 00 18/09/2023
OGGETTO: - RIMOZIONE LIMITAZIONI ELETTRODOTTO "ARBATAX- FLUMENDOSA II" – - NUOVA PALIFICAZIONE E CONDUTTORI 31,5 mm -		Pag. 36 di 36

#### 4.2.5.3.4. Tiranti in roccia

La realizzazione delle fondazioni con tiranti in roccia avviene come segue.

Pulizia del banco di roccia con asportazione del "cappellaccio" superficiale degradato (circa 30 cm) nella posizione del piedino, fino a trovare la parte di roccia più consistente; posizionamento della macchina operatrice per realizzare una serie di ancoraggi per ogni piedino; trivellazione fino alla quota prevista; posa delle barre in acciaio; iniezione di resina sigillante (biacca) fino alla quota prevista;

Scavo, tramite demolitore, di un dado di collegamento tiranti-traliccio delle dimensioni 1,5 x 1,5 x 1 m; montaggio e posizionamento della base del traliccio; posa in opera dei ferri d'armatura del dado di collegamento; getto del calcestruzzo.

Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle cassature. Si esegue quindi il rinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo. Il materiale di risulta, mediamente meno del 10% di quello scavato, sarà gestito secondo quanto previsto nel piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo.

## 5. Conclusioni

La soluzione della sostituzione del conduttore e fune di guardia associata alla nuova palificazione, come anzi descritto, rimuove sicuramente le limitazioni della linea **T. 318 "Arbatax-Flumendosa II salto"**, allineandola alla capacità di trasmissione tipica del conduttore ACSR da 31,5 mm.

Essendo la linea in esercizio, con già le servitù ad essa associate, questo intervento è da annoverarsi come intervento di manutenzione straordinaria (revamping and repowering), pertanto non ci sono impatti ambientali aggiuntivi rispetto a quelli della linea in esercizio da valutare.

Anche le DPA (Distanza di Prima Approssimazione), per i campi elettromagnetici è definita in funzione della categoria della linea e rimanendo invariato l'asse linea, rimane inalterata, per completezza è stata comunque rappresentata nel documento dedicato.

La fase esecutiva successiva permetterà di affinare ulteriormente tecniche realizzative ed organizzazione in modo da minimizzare il fuori servizio della linea, tuttavia ciò può essere definito compiutamente solo da una opportuna analisi e pianificazione del Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale proprietario della infrastruttura in esame.

## 6. ALLEGATI

Per avere la visione completa di tutto il progetto si fa riferimento all'elenco elaborati Allegato, nel quale sono indicati tutti i documenti dello studio per la linea in oggetto.

Al presente documento sono direttamente collegati i seguenti elaborati:

- 2332E 10070 00 - Relazione sulla compatibilità elettromagnetica;
- 2332C 20040 00 - Corografia a 100.000 Opere in Progetto;
- 2332C 20041 00 - Corografia a 250.000 Opere in Progetto;
- 2332C 20070 00 - Planimetria Elettrodotto Nuova palificazione;
- 2332C 20071 00 - Inquadramento Elettrodotto - con DPA su CTR;
- 2332C 20085 00 - Profilo altimetrico Nuova Palificazione;