

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)



**INTERVENTO PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVE LINEE
FILOVIARIE ED ESTENSIONE DELLE LINEE ESISTENTI PER IL
POTENZIAMENTO DEL SERVIZIO DEL COMUNE DELLA SPEZIA, IN
ATTUAZIONE DEL PIANO URBANO DELLA MOBILITÀ
SOSTENIBILE**

PROGETTO DEFINITIVO

SUBINTERVENTO 1.2.a FILOVIA (C.U.P: G47J18000290001):

**potenziamento dell'infrastruttura dell'impianto filoviario urbano
della Spezia**

PROGETTO DEFINITIVO

INTERVENTO 2B

Relazione tecnica

**Completamente tratto impianto filoviario
Migliarina Felettino**

Il progettista
Dott. Ing. G. Zanelli

Il Committente
Dott. Ing. S. Sciurpa

SOGGETTO BENEFICIARIO: COMUNE DELLA SPEZIA
SOGGETTO ATTUATORE: ATC Mobilità e Parcheggi S.p.A.
Finanziato con il Fondo di cui all'articolo 1, comma 140, della legge 11 dicembre 2016, n. 232,
destinate al Trasporto Rapido di Massa

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

INDICE RELAZIONE

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	4
1.1 DESCRIZIONE MODIFICA ED OBIETTIVI DELL'INTERVENTO	4
1.2 TRATTO DI LINEA FILOVIARIA ESISTENTE E DI STRADA INTERESSATO DALLA MODIFICA	5
1.3 DESCRIZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE.....	9
1.3.1 Presenza sottopasso ferroviario tratto iniziale Via del Canaletto.....	13
1.3.2 Soluzione progettuale passaggio linea SOTTOPASSO ferroviario	14
1.3.3 Passaggio linea SOTTOPASSO ferroviario: deroga dal vincolo dell'altezza minima	15
2 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO FILOVIARIO	17
3 DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI E CALCOLI DI VERIFICA	20
3.1 PREMESSA	20
3.2 DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONE ED I CALCOLI DI VERIFICA SUI PALI DI SOSTEGNO	21
3.2.1 Quote punti d'applicazione sollecitazioni sui sostegni rispetto ad incastri ...	21
3.2.1.1 Quota punti applicazione sollecitazioni pali con fondazione	21
3.2.1.2 Quota punti applicazione sollecitazione pali ancorato a muro con collari	24
3.2.2 Sollecitazioni indotte dalla linea	26
3.2.3 Sollecitazioni indotte direttamente sul palo di sostegno	30
3.2.4 Calcoli di verifica.....	31
3.3 CALCOLO DEI BLOCCHI DI FONDAZIONE	32
3.3.1 Tipologia fondazioni	32
3.3.2 Modello di calcolo fondazioni	32
ANCHE PER QUESTA VERIFICA NEL PRESENTE PROGETTO DEFINITIVO SI OMETTONO TUTTE LE SCHEDE CON IL DIMENSIONAMENTO PALO PER PALO DEI BLOCCHI, CALCOLATE CON I CRITERI SOPRA INDICATI.....	34
3.4 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NEI TIRANTI TRASVERSALI	34
3.5 CALCOLO DI VERIFICA DEGLI ANCORAGGI A MURO.....	34
3.5.1 Descrizione ancoraggi a muro	34
3.5.2 Calcoli di verifica.....	35
3.6 CALCOLO DI VERIFICA DEI COLLARI DI COLLEGAMENTO DEI PALI A MURO.....	36
3.6.1 Descrizione caratteristiche collegamento	36
3.7.1.1 Descrizione collari.....	37
3.7.1.2 Descrizione ancoraggi a muro.....	38
3.7.2 Verifiche.....	39
3.7.2.1 Verifica palo di sostegno collegamenti unione bullonata collari	39

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

3.7.2.2 Verifiche collegamenti unione bullonata collari.....	39
3.7.2.3 Verifiche ancoraggi a muro collari	42
4 ELABORATI GRAFICI.....	44

ALLEGATI:

ALLEGATO 2 elenco pali e caratterizzazione

ALLEGATO 3 progetto elenco ganci e caratterizzazione

Elaborati grafici:

2B - TAVOLA 2B.1	Stato di fatto	scala 1:1000
2B - TAVOLA 2B.2	Stato di Progetto	scala 1:1000
2B - TAVOLA 2B.3	Stato di Progetto senza NUOVO OSPEDALE	scala 1:500
2B - TAVOLA 2B.4	Stato di Progetto dentro NUOVO OSPEDALE	scala 1:500
2B - TAVOLA 2B.5	Planimetria CURVA A	scala 1:100
2B - TAVOLA 2B.6	Planimetria CURVA B - C	scala 1:100
2B - TAVOLA 2B.7	Planimetria CURVA D	scala 1:100
2B - TAVOLA 2B.8	Planimetria CURVA E	scala 1:100
2B - TAVOLA 2B.9	Planimetria CURVA F	scala 1:100
2B - TAVOLA 2B.10	Planimetria CURVA G	scala 1:100
2B - TAVOLA 2B.11	Planimetria CURVA H	scala 1:100
2B - TAVOLA 2B.12	Planimetria CURVA I	scala 1:100
2B - TAVOLA 2B.13	Fondazioni pali e mensole	scala 1:50
2B - TAVOLA 2B.14	Sollecitazioni su pali con mensole	scala 1:50
2B - TAVOLA 2B.15	Sollecitazioni pali staffati	scala 1:50
2B - TAVOLA 2B.16	Sezioni AA BB	scala 1:50
2B - TAVOLA 2B.17	Sezioni CC DD	scala 1:50
2B - TAVOLA 2B.18	Sezioni EE FF	scala 1:50
2B - TAVOLA 2B.19	Sezioni GG HH	scala 1:50
2B - TAVOLA 2B.20	PUNTI RIPRESA FOTOGRAFICI	scala 1:1000

ALLEGATO 5 FOTO

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

1 Descrizione dell'intervento

1.1 Descrizione modifica ed obiettivi dell'intervento

L'impianto interessa la linea di trasporto pubblico urbana N° 3 che collega il quartiere della Chiappa, nella Zona Nord-Ovest della città, con il nuovo ospedale in costruzione localizzato nel quartiere del Felettino, nella zona Nord-Est, attraversando l'intero Centro urbano della Spezia.

Attualmente il percorso della linea è già dotato di impianto filoviario, eccettuato che in corrispondenza del tratto tra incrocio Migliarina Ospedale Felettino, oggetto della presente relazione.

Nella TAVOLA allegata è illustrato l'attuale tratto della linea 3 che è interessato dal progetto.

L'intervento consiste nel completamento del nuovo tratto di impianto filoviario urbano che colleghi in entrambi i sensi di marcia l'incrocio tra Via Sarzana e Via del Canaletto all'interno del quartiere di Migliarina con l'area dove deve realizzarsi il nuovo Ospedale cittadino del Felettino.

Nel tratto che va dall'incrocio di MIGLIARINA fino a davanti al cantiere del nuovo ospedale del FELETTINO in costruzione sono già stati realizzati tutti i pali di sostegno per l'impianto filoviario, mentre la rete di sospensione non è stata ancora messa in opera.

I pali di sostegno sono stati realizzati nell'ambito di un intervento realizzato a fine 2013 e nel 2014.

L'esecuzione dell'intervento era già stato autorizzato dagli Enti competenti:

Permesso di costruire n. 1758 del 04/05/2013 (pratica edilizia n. 26118A) della Comune della Spezia;

Determinazione dirigenziale N°. 3396 del 02/07/2012 di conclusione positiva del procedimento attivato tramite Conferenza dei Servizi;

Autorizzazione paesaggistica prot. N. 46943 del 18/05/2012, in esito al procedimento tramite Conferenza dei Servizi;

Concessione ai fini idraulici e demaniali per il mantenimento in sanatoria di opere realizzate su terreno demaniale Pratica n. 5810 del 29/08/2014 intestata da ATC S.p.A., all'epoca proprietaria dell'impianto filoviario (ora la proprietà è passata ad ATC Mobilità e Parcheggio S.p.A. ed è in corso la pratica di modifica della concessione citata).

L'intervento attuale comporta l'esecuzione di n. 3 pali di sostegno aggiuntivi posizionati in modo del tutto conforme alle autorizzazioni a suo tempo citate in sintesi e il completamento dell'impianto con la realizzazione della rete di sospensione e la stesura del filo di contatto di rame.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Attualmente dall'intervento viene stralciato il tratto di impianto previsto nell'area dell'ospedale di proprietà AUSL. In quanto non sono ancora certi i tempi di realizzazione del nuovo OSPEDALE.

La realizzazione del nuovo tratto d'impianto filoviario permette di completare la filoviarizzazione della linea, attualmente esercita solo con veicoli ad alimentazione tradizionale (diesel), e, quindi, consente l'impiego su di essa solo di veicoli filoviari a trazione elettrica.

1.2 Tratto di linea filoviaria esistente e di strada interessato dalla modifica

In corrispondenza di Via Sarzana nel quartiere di Migliarina è già presente l'impianto della linea filoviaria:

- la linea percorre Via Sarzana in entrambi i sensi di marcia;
- in corrispondenza dell'incrocio con Via del Canaletto (incrocio di Migliarina) la linea svolta in Via del Canaletto verso il quartiere omonimo;
- quindi la linea percorre in entrambi i sensi di marcia Via del Canaletto, attraversando Piazza Concordia, fino a raggiungere Via del Popolo all'interno del quartiere del Canaletto.

Il tratto di linea filoviaria esistente è stata realizzata in data anteriore agli anni '80, con progetto interno dell'allora società gestore del servizio filoviario.

Il tratto di filovia esistente interamente in doppio bifilare (un bifilare per ogni senso di marcia) è sostenuto da sistema a sospensione rigida collegata in parte a sostegni a palo in parte a ganci applicati a muro tramite resina chimica bicomponente.

La linea esistente a doppio bifilare, visto l'attuale esercizio del servizio filoviario, attualmente risulta essere non utilizzata.

Il progetto prevede la completa dismissione dell'attuale impianto filoviario che da Via Sarzana raggiunge il quartiere del Canaletto passando da Piazza Concordia e la realizzazione di un nuovo impianto filoviario lungo un percorso che ne è sprovvisto.

Il nuovo percorso da filoviarizzare in progetto prevede:

1. dall'impianto esistente in Via Sarzana in corrispondenza dell'incrocio di Migliarina la svolta della linea in doppio bifilare in Via del Canaletto direzione Ospedale Felettino;
2. il tratto in rettilineo di Via Del Canaletto da incrocio di Migliarina fino a bivio Cento sempre con linea in doppio bifilare;
3. l'attraversamento della nuova rotatoria a bivio Cento ed il tratto in rettilineo di Via Buonviaggio da quel bivio fino al ponte sul torrente Dorgia con linea in doppio bifilare;

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

4. l'immissione della linea filoviaria lungo la nuova viabilità realizzata dall'ANAS nell'ambito del progetto del "Raccordo discesa Felettino con strada statale n.330 di Buonviaggio", collegamento della suddetta Via Buonviaggio con il nuovo percorso della Variante Aurelia; ed in particolare:

l'attraversamento della nuova rotatoria sul torrente Dorgia in corrispondenza dell'incrocio tra Via del Forno e Via Buonviaggio in Via del Forno con linea in singolo bifilare all'interno della rotatoria sia in direzione monti (verso l'ospedale del Felettino) sia in direzione mare (verso quartiere di Migliarina);

il tratto di Via del Forno dall'incrocio con Via Buonviaggio fino all'ingresso nell'area dell'ospedale del Felettino con linea in doppio bifilare;

il percorso dell'intera nuova rotatoria prevista dal progetto ANAS davanti all'ospedale per rimettersi in via del Forno direzione monti- mare, con linea in singolo bifilare.

Il percorso dell'anello che entra nell'area del nuovo ospedale e esce nuovamente sulla viabilità pubblica, completo di capolinea in corrispondenza della nuova fermata da realizzare proprio all'ingresso del nuovo ospedale, previsto nel progetto, attualmente è stato stralciato in quanto non certi i tempi di realizzazione del nuovo ospedale.

Nelle TAVOLA 2B.2 2B.3 è rappresentata una planimetria in scala 1:1000 e 1:500 del nuovo tratto di linea filoviario urbana in progetto.

I lavori di realizzazione del nuovo Ospedale, attualmente in corso, implicano che l'ultimo tratto da realizzare potrà essere cantierizzato solo dopo il completamento dell'ospedale (del fatto si tiene conto al momento dell'elaborazione del cronoprogramma dei lavori).

Nel caso la tempistiche della realizzazione del nuovo ospedale non siano compatibili con le tempistiche di realizzazione del presente progetto, l'INTERVENTO prevede di limitare la linea filoviario a Via del Forno come illustrato in TAVOLA 2B.3 (viceversa nella TAVOLA 2B.4 è presente la soluzione progettuale completa con anche il tratto interno all'area destinata al nuovo OSPEDALE).

Per questo la posizione delle attuali fermate presenti sul percorso non viene modificata:

- l'attuale capolinea collocato alla fermata in Via del Forno direzione monti;
- il reso delle fermate senza variazioni rispetto alla posizione attuale.

Il percorso dell'impianto filoviario in progetto coincide con il tratto di linea in esercizio fino all'ingresso dentro l'area ospedaliera.

Nella TAVOLA 2B.4 è rappresentata una planimetria in scala 1:500 del nuovo tratto di linea filoviario urbano che interessa la nuova viabilità realizzata all'interno dell'ospedale nuovo FELETTINO.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Il tratto di Via del Canaletto interessato dal progetto (da incrocio con Via Sarzana fino a bivio Cento) è caratterizzato dalla presenza su entrambi i lati di edifici privati con un marciapiede di dimensioni non ampie (larghezza variabile da 150 a 110 cm).

Dopo bivio Cento, invece, il tratto di Via Buonviaggio fino a Via del Forno è caratterizzato dalla presenza sulla destra (percorrendola strada in direzione monti) del letto del torrente Dorgia, in parte aperto ed in parte irreggimentato in canale interrato, e sulla sinistra da una serie di lotti di terreno privati, in parte edificati in parte no.

In corrispondenza dell'attraversamento del torrente Dorgia è presente un'ampia rotatoria, con copertura parziale di un tratto del torrente, ore a cielo aperto, e con la realizzazione di un nuovo ponte di attraversamento accanto a quello esistente ed ad esso collegato; la strada è più larga della precedente e con marciapiedi idonei: in alcuni punti, tuttavia, la strada è realizzata su solette in cemento armato di copertura del torrente, in cui eventuali plinti di fondazione possono essere realizzati solo con soluzioni tecniche specifiche.

La strada si allarga in Via del Forno con marciapiedi presenti ai lati della strada; la strada rimane confinante sulla sinistra con il torrente Dorgia, che in questo tratto ha parte del letto scoperto ma irreggimentato da muratura in cemento armato (che in parte svolge la funzione anche di contenimento del rilevato stradale) e parte coperto anch'esso da soletta; sulla destra, invece, sono presenti una serie di lotti di terreno privati, in parte edificati in parte no eccettuato che negli ultimi 100 metri confinanti con il giardino interno dell'ospedale.

In corrispondenza dell'ampia rotatoria presente all'uscita dell'Ospedale del Felettino, il tratto del torrente Dorgia viene completamente coperto con soletta; analogamente ai tratti precedenti eventuali plinti di fondazione possono essere realizzati in corrispondenza di questa soletta di copertura del torrente solo con soluzioni tecniche specifiche.

La strada interna all'area del nuovo ospedale è circondata da ampie aiuole verdi.

Il percorso stradale interessato dal progetto, descritto sommariamente, è, quindi, caratterizzato da alcuni aspetti peculiari che sono rilevanti per le soluzioni progettuali adottate per il nuovo impianto:

- nel tratto iniziale di via del Canaletto la strada scende e passa sotto la linea ferroviaria La Spezia – Pisa e quindi prima e dopo il sottopasso il piano della strada risulta essere più basso del piano di edificazione degli edifici in fregio alla strada; il dislivello va da circa 5 metri vicino al sottopasso fino ad annullarsi verso bivio Cento; in corrispondenza del dislivello è presente un muro in pietra di contenimento;
- Sotto bivio Cento ed alla sinistra del primo tratto di Via Buonviaggio è presente il torrente Dorgia irreggimentato in canale interrato in cemento armato a sezione rettangolare (la soletta superiore della tubazione ha funzioni portanti per la strada superiore);
- Anche il resto di Via Buonviaggio è confinante a sinistra (percorrendo la strada in direzione monti) con il torrente Dorgia: su questo lato è presente un

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

muro di contenimento (in parte in pietra in parte in cemento armato) tra rilevato stradale ed argine del torrente; nella parte finale del tratto di strada prima del ponte sul torrente la carreggiata stradale è in aggetto di circa 1,20 metri rispetto alla muratura di contenimento;

- In corrispondenza dell'incrocio tra Via Buonviaggio e Via del Forno è presente l'ampia rotatoria; parte del percorso del torrente Dorgia, prima aperto, è stato irreggimentato dentro una condotta chiusa in cemento armato, la cui copertura fa da soletta per la strada e le aiuole soprastanti; le strade ed i marciapiedi pedonali sono stati ampliati; inoltre il ponte esistente è stato raddoppiato con un nuovo ponte; il progetto del nuovo impianto filoviario si propone di evitare la presenza di pali di sostegno della linea sopra la nuova soletta di copertura del Dorgia, mentre prevede la realizzazione di pali staffati ai muri esterno del nuovo ponte (vedi paragrafo successivo);
- Il tratto stradale di Via del Forno, confinante sulla sinistra con il torrente Dorgia, è stato ampliato, coprendo parzialmente il torrente e prevedendo una parte di strada in aggetto rispetto alla muratura in cemento armato (che in parte svolge la funzione anche di contenimento del rilevato stradale) che attualmente delimita l'argine del torrente stesso.

Sul percorso sono presenti alcuni impianti di servizio:

- ❑ Linea elettrica in media tensione ed in bassa tensione che corre sottostrada ad una quota di circa -120 cm dal piano stradale in Via del Forno compreso incrocio con Via Buonviaggio e in Via del Canaletto da bivio Cento fino ad incrocio con Via Sarzana;
- ❑ Linea elettrica aerea di illuminazione pubblica su pali lungo quasi intero percorso, con un attraversamento aereo in corrispondenza di Via del Canaletto prima di Bivio Cento;
- ❑ Linea telefonica che corre sotto strada da incrocio Migliarina a Via del Forno più un attraversamento aereo sopra inizio via del Forno;
- ❑ Linea di adduzione gas metano che corre sottostrada in Via del Forno ed in Via del Canaletto;
- ❑ Linea di acqua potabile che corre sottostrada in Via del Forno ed in Via del Canaletto;
- ❑ Linea di raccolta acque meteoriche che corre sottostrada in Via del Canaletto circa sotto la mezzeria della strada;
- ❑ Linea di raccolta e adduzione reflui fognari che corre sottostrada in Via del Forno ed in Via del Canaletto.

La presenza di questi sottoservizi nei tratti di strada interessati dal progetto e la presenza di porzione di impianto in area AUSL sono elementi essenziali da tenere presente nel corso della procedura di autorizzazione alla realizzazione dell'impianto condotta tramite Conferenza dei Servizi, ma interferiscono in modo limitato per il progetto in quanto quasi tutti

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

i pali di sostegno (eccettuati 3) sono già stati realizzati e quindi non vi sono elementi che possano interferire con i sottoservizi interrati.

Nel corso della realizzazione dei pali di sostegno esistenti sono già state indagati i sottoservizi presenti e quindi i 3 nuovo sostegno sono sicuramente non interferente con nessun sottoservizio.

L'attività di progettazione del nuovo impianto filoviario era già stato iniziato nel 2004, in accordo con le previsioni dell'allora Piano Urbano della Mobilità e con l'obiettivo di ATC di completare la filoviarizzazione della linea 3 urbana.

Nel corso del triennio 2012 2013 2014 si è completato il processo autorizzativo alla realizzazione dell'impianto (eccettuato il tratto interno all'Ospedale) e sono stati eseguiti tutti i lavori edili di messa in opera dei pali di sostegno dell'impianto.

In particolare è stato attivato e tuttora in vigore la concessione per l'attraversamento del torrente DORGIA da parte dell'impianto filoviario con la Regione Liguria, Settore Difesa del Suolo.

Il progetto prevede fasi di lavoro descritte in seguito tratto per tratto, tenuto conto dell'avvenuto già realizzazione dei pali di sostegno, eccettuato che per l'ultimo tratto dell'anello interno all'area del nuovo ospedale del FELETTINO.

1.3 Descrizione delle opere architettoniche

Nel tratto rettilineo di Via Sarzana, attualmente interessato dalla linea filoviaria, l'intervento in progetto non comporta alcuna modifica particolare, in quanto il doppio bifilare in rettilineo resta invariato e solo giunto all'incrocio con Via del Canaletto avviene la svolta verso l'ospedale del Felettino anziché verso il quartiere del Canaletto (percorso attuale).

Nel corso della realizzazione del progetto, tuttavia, risulta necessario:

- Eliminare il filo di lavoro (doppio bifilare) per un certo tratto fino dove è presente un trasversale di sostegno e realizzare una doppia trattenuta per tenere sollevata la linea che non viene tolta, utilizzando sia la rete di sospensione che i ganci a muro di sostegno esistenti;
- Ripristinare il doppio bifilare a partire dal punto dove è stato eliminato, al momento della messa in opera del filo stesso per la nuova linea, utilizzando gli stessi ganci a muro esistenti e la stessa rete di sospensione.

Nel tratto in curva dell'incrocio Via Sarzana Via del Canaletto:

- Eliminazione del tratto esistente di doppio bifilare di contatto filo di lavoro della curva tra Via Sarzana e Via del Canaletto in direzione mare;
- Eliminazione dei ganci a muro esistenti non idonei agli sforzi indotti dalla nuova linea e sostituzione con nuovi ganci a muro collocati in posizione adatte al andamento della nuova linea e di dimensioni conformi alle sollecitazioni indotte dalla stessa e

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

contemporaneo recupero dei ganci esistenti considerati idonei al progetto, ottenendo l'insieme di ganci a muro;

- Realizzazione della rete di sospensione rigida della linea idonea al nuovo percorso del filo di lavoro in entrambe le direzioni e alla posizione del palo di sostegno e dei ganci a muro di progetto, sia quelli esistenti sia quelli nuovi;
- Fornitura e messa in opera del doppio bifilare di contatto seguendo il nuovo percorso in curva.

Nel tratto in rettilineo di Via del Canaletto dall'incrocio con Via Sarzana fino a bivio Cento:

- **Fornitura e messa in opera di 1 nuovo palo di sostegno (identificato al numero 40 nelle TAVOLE di progetto) localizzato sul marciapiede davanti al civico 314 – 318 a piano terra della chiesa di Migliarina;**
- Fornitura e messa in opera di nuovi ganci a muro collocati in posizione adatte all'andamento della nuova linea e di dimensioni conformi alle sollecitazioni indotte dalla stessa, ottenendo l'insieme di ganci a muro;
- Realizzazione della nuova rete di sospensione rigida della linea per adattarla al nuovo percorso del filo di lavoro in entrambe le direzioni, alla posizione dei sostegni a palo, alle mensole ed ai ganci a muro;
- Fornitura e messa in opera del doppio bifilare di contatto in rettilineo.

La presenza del sottopasso ferroviario e la necessità di passarvi sotto con la linea filoviaria impone l'adozione di alcune soluzioni progettuali particolari:

- realizzazione di un isolamento che separi la linea dalla struttura del sottovia con interposizione tra conduttura e intradosso del ponte di una lastra in fibra poliestere di spessore > 1 cm ancorata alla struttura portante;
- messa in opera di nuove griffe d'ancoraggio (da rettilineo) per filo di lavoro sagomato, che lo collegano all'insieme canale/piastra isolanti, con interposto distanziatore isolante in vetroresina.

In corrispondenza dell'incrocio di Bivio Cento, dove è presente una rotatoria e si prevedono 2 curve:

- Fornitura e messa in opera di nuovi ganci a muro collocati in posizione adatte all'andamento della nuova linea e di dimensioni conformi alle sollecitazioni indotte dalla stessa, ottenendo l'insieme di ganci a muro;
- Realizzazione della nuova rete di sospensione rigida della linea per adattarla al nuovo percorso del filo di lavoro in entrambe le direzioni, alla posizione dei sostegni a palo, alle mensole ed ai ganci a muro;
- Fornitura e messa in opera del doppio bifilare di contatto in rettilineo.

Nel tratto in rettilineo di Via Buonviaggio da bivio Cento fino al ponte sul torrente Dorgia:

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

- **Fornitura e messa in opera di 2 nuovi pali di sostegno filoviario (identificati ai numeri 41 e 42 nelle TAVOLE di progetto): uno staffato al muro di contenimento della strada Via Buonviaggio a lato del torrente DORGIA come avviene per il palo 526 già realizzato; l'altro localizzato al di là del torrente DORGIA su Via Dorgia;**
- Fornitura e messa in opera di 12 mensole attaccate ai pali di sostegno (identificati con i numeri 524 526 528 529 530 531 532 533 534 535 536 41) sostenenti il doppio bifilare in rettilineo;
- Fornitura e messa in opera di un nuovo gancio a muro collocato in posizione adatta all'andamento della nuova linea e di dimensioni conformi alle sollecitazioni indotte dalla stessa;
- Realizzazione della nuova rete di sospensione rigida della linea per adattarla al nuovo percorso del filo di lavoro in entrambe le direzioni, alla posizione dei sostegni a palo, alle mensole ed ai ganci a muro;
- Fornitura e messa in opera del doppio bifilare di contatto in rettilineo.

Nel tratto della linea con doppia curva in direzione monti e rettilineo in direzione mare, in corrispondenza della rotatoria nell'incrocio tra Via Buonviaggio e Via del Forno il progetto prevede:

- Fornitura e messa in opera di nuovi ganci a muro collocati in posizione adatte all'andamento della nuova linea e di dimensioni conformi alle sollecitazioni indotte dalla stessa, ottenendo i 2 ganci a muro;
- Realizzazione della nuova rete di sospensione rigida della linea per adattarla al nuovo percorso del filo di lavoro in entrambe le direzioni, alla posizione dei sostegni a palo, alle mensole ed ai ganci a muro;
- Fornitura e messa in opera del doppio bifilare di contatto seguendo un andamento tale da adattarla all'assetto della doppi curva.

Nel tratto in parte rettilineo ed in parte in curva di Via del Forno da incrocio con Via Buonviaggio fino alla grande nuova rotatoria davanti all'ingresso dell'ospedale del Felettino il progetto prevede:

- Fornitura e messa in opera di 4 mensole attaccate ai pali di sostegno (identificati con i numeri 553 554 555 556) sostenenti il doppio bifilare in rettilineo;
- Fornitura e messa in opera di nuovi ganci a muro collocati in posizione adatte all'andamento della nuova linea e di dimensioni conformi alle sollecitazioni indotte dalla stessa, ottenendo i 2 ganci a muro;
- Realizzazione della nuova rete di sospensione rigida della linea per adattarla al nuovo percorso del filo di lavoro in entrambe le direzioni, alla posizione dei sostegni a palo, alle mensole ed ai ganci a muro;

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

- Fornitura e messa in opera del doppio bifilare di contatto in rettilineo.

Nel tratto in parte rettilineo ed in buona parte in curva della nuova ampia rotatoria stradale davanti all'ingresso dell'area dell'ospedale del Felettino, il progetto prevede:

- Fornitura e messa in opera di un scambio elettrico, completo di ancoraggio e rete di sospensione, per permettere al veicolo filoviario di entrare nell'area dell'ospedale o proseguire lungo la rotatoria;
- Fornitura e messa in opera di un scambio meccanico, completi di ancoraggio e rete di sospensione, per permettere al veicolo filoviario proveniente dall'area dell'ospedale di reimmettersi all'impianto sulla viabilità pubblica della rotatoria;
- Realizzazione della nuova rete di sospensione rigida della linea per adattarla al nuovo percorso del filo di lavoro nella direzione di percorrenza dell'anello (anello a senso unico), alla posizione dei sostegni a palo, alle mensole ed ai ganci a muro;
- Fornitura e messa in opera del singolo bifilare di contatto in rettilineo.

Il progetto attuale non prevede specifiche interferenze, già affrontate e gestite nella precedente realizzazione dei pali di sostegno.

Le modifiche descritte determinano un allungamento della linea esistente di circa 1.400 metri.

La presenza del torrente Dorgia lungo quasi l'intero percorso della linea (da Bivio Cento fino ad all'ingresso all'ospedale) sia irreggimentato all'interno di una condotta in cemento armato interrata sia esterno ha determinato l'adozione di alcune scelte progettuali particolari:

la posizione dei pali di sostegno identificati ai numeri 519 520 521 522 523, la cui fondazione non deve interferire con la condotta interrata del canale;

l'impossibilità di metter in opera pali di sostegno con fondazione dal lato della strada confinante con il letto del torrente e le conseguenze adozioni di soluzioni alternative (presenza di mensole, aggancio di pali tramite collari a muro che delimita il torrente).

Anche il vincolo dovuto alla presenza lungo il percorso di esigui spazi disponibili intorno alla carreggiata stradale (marciapiedi stretti o non presenti) ha determinato l'esigenza di posizionare i pali di sostegno in posizioni particolari (anche distanti dalla linea), di utilizzare mensole di sostegno e di realizzare fondazioni particolari.

Nella tavola grafica TAV. 5.11 sono illustrate alcune soluzioni costruttive adottate per superare tali vincoli.

Inoltre la presenza di sottoservizi non modificabili (linea a media tensione ENEL fibra ottica TELECOM, linee Gas acqua potabile e fognatura ACAM) lungo quasi tutto l'intero percorso crea dei vincoli nella scelta della localizzazione dei pali di sostegno e dei corrispondenti plinti di fondazione, viste le conseguenti interferenze che si possono riscontrare nell'esecuzione dei lavori e determina la necessità di verificare puntualmente in fase di progettazione

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

esecutiva le singole posizioni di ciascun palo di sostegno con la conseguente eventuali modifiche di progetto.

La modifiche descritte determinano un allungamento della linea esistente di circa 1.400 metri.

Il calcolo delle CdT dell'impianto in progetto è svolto nella Relazione tecnica impiantistica allegata alla Relazione Generale, che né è anche parte integrante.

1.3.1 Presenza sottopasso ferroviario tratto iniziale Via del Canaletto

Il percorso del nuovo impianto filoviario prevede il passaggio sotto un sottopasso ferroviario in Via del Canaletto.

L'attuale altezza del sottopasso dal piano stradale è variabile da 4,70 a 4,80 metri, a seconda del punto in cui si rileva la quota..

Nella situazione STATO DI FATTO il passaggio sotto il sottopasso non prevede alcuna limitazione da Codice della Strada.



Foto 1 vista sottopasso direzione MIGLIARINA

In corrispondenza del sottopasso il progetto prevede l'impianto a doppio bifilare ad un'altezza inferiore a 4,70 metri dal piano stradale e quindi inferiore all'altezza minima del filo di contatto dal piano stradale.

La presente nota illustra la soluzione tecnica adottata per il passaggio della linea filoviario nel sottopasso.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Anche con la presenza dell'impianti filoviario, date le altezze in gioco, non è prevista alcuna limitazione all'attraversamento del sottopasso da parte dei veicoli privati, eccettuato che in caso di carichi eccezionali (altezza superiore ai 4,00 m), per cui il passaggio in qualsiasi strada dove presente l'impianti filoviario deve avvenire con l'assistenza di una squadra di assistenza dell'azienda gestore dell'impianti stesso (come da regola del Codice della Strada).



Foto 2 vista sottopasso direzione FELETTINO

1.3.2 Soluzione progettuale passaggio linea SOTTOPASSO ferroviario

Il sottopasso ferroviario ha una lunghezza di circa 15 metri.

Il tratto di linea che passa nel sottopasso è rettilineo.

Prima e dopo il sottopasso sono presenti 2 trasversali sostenuti ciascuno da 2 ganci a muro identificati con le codifiche rispettivamente G21 e G22 (lato MIGLIARINA del sottopasso) e G23 G24 (lato FELETTINO del sottopasso), che sostengono il doppio bifilare della linea in rettilineo con griffe da rettilineo in 8 punti fissi, 4 per ogni trasversale (punti identificati nel progetto 46 – 47 – 48 – 49 lato MIGLIARINA e 50 – 51 – 52 – 53 lato FELETTINO); la campata dei 2 trasversali è di 17 metri (distanza progressiva da inizio nuovo tratto 199 metri) mentre l'altezza della linea nel trasversale è mantenuta 15 cm più bassa dell'intradosso del sottopasso (circa 4,65 – 4,55 metri dal piano stradale).

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Per mantenere l'altezza fissa del filo di lavoro a metà sottopasso sono previsti 4 punti di griffaggio aggiuntivi che tengono fisso il filo di contatto ad un'altezza costante anche durante il passaggio dei pattini del veicolo filoviario.

Per tutta la lunghezza del tratto di linea che passa sotto il manufatto, tra filo di lavoro e struttura del sottopasso è presente un duplice strato di protezione isolante:

- A. Un pannello di materiale isolante (vetronite), dello spessore di almeno 1 cm collegato con dei fischer all'intradosso del sottopasso, sopra ogni bifilare con una larghezza maggiore di 50 cm ad ogni lato rispetto al massimo ingombro del bifilare (ingombro circa 60 cm, larghezza lastra in vetronite circa 1,60 metri);
- B. Canala a sezione rettangolare in materiale isolante (vetroresina), collegata anch'essa alla struttura dell'intradosso del sottopasso e aggiuntiva rispetto al pannello di cui al punto B, che circonda e protegge a su 3 lati il filo di lavoro.

In corrispondenza dei 4 punti di griffaggio è presente una protezione isolante aggiuntiva (distanziatore) tra fischer di collegamento a struttura sottopasso e perno di collegamento alla griffa da rettilinea, costituita da isolatore o in alternativa da piastrina di sospensione in vetroresina

Nella TAVOLA 2B.16 di progetto è indicata la sezione della linea in corrispondenza del sottopasso, mentre nel particolare allegato è indicata la soluzione tecnica adottata e descritta nel presente paragrafo.

In allegato sono riportate le Schede tecniche del materiale da utilizzarsi per tale soluzione progettuale (o materiale equivalente), estratte dall'ALLEGATO A di progetto "SCHEDE MATERIALI".

1.3.3 Passaggio linea SOTTOPASSO ferroviario: deroga dal vincolo dell'altezza minima

Il sottopasso ferroviario presente nel tratto da filoviarizzare della Linea 3 Chiappa Felettino, come da INTERVENTO 2B, ha un'altezza dal piano stradale che in alcuni punti non consente il rispetto dell'altezza minima del filo di contatto di 4,70 metri.

In tutto il sottopasso, tuttavia, il filo di contatto in progetto mantiene un'altezza superiore a 4,55 metri dal piano stradale.

Da verifica eseguita da tecnici qualificati del Comune della Spezia (la strada è comunale) non appare tecnicamente realizzabile un abbassamento della quota del piano stradale, con relativa riasfaltatura del tratto.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

La soluzione adottata risulta proteggere dal contatto tra filo di contatto in rame ed elementi della struttura del sottopasso con un doppio strato isolante.

D'altra parte la soluzione adottata è simile a quelle già presenti in tratti di linea in esercizio dell'impianti filoviario urbano della SPEZIA, come illustrato nelle 2 foto successive.



Foto 3 - Tratto filoviario in esercizio sotto passerella pedonale in Via XXIV Maggio in corrispondenza di Piazzale Kennedy alla SPEZIA (si vede lastra isolante sotto passerella pedonale e canale di protezione dei 2 fili di contatto del bifilare)



Foto 4 - Tratto filoviario in esercizio sottopasso ferroviari in Via Fiume località Scorza alla SPEZIA (in questo caso la lastra di protezione in vetronite è sostituita da un lastra il legno)

In questo caso, come già avvenuto nei 2 punti singolari indicati, è necessario richiedere all'ente di controllo ANSFISA un'autorizzazione specifica per derogare dall'altezza minima dell'impianto dal piano stradale, tenuto conto della soluzione proposta e prevedendo, in fase esecutiva, la realizzazione di eventuali prescrizione necessarie per la concessione di tale autorizzazione in deroga.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

2 Caratteristiche tecniche dell'impianto filoviario

La caratteristiche tecniche specifiche di questo nuovo tratto d'impianto filoviario sono analoghe a quella della linea già esistente in esercizio.

Nell'elaborazione del progetto sono state seguiti alcuni indirizzi generali, dovuti alle particolari caratteristiche del percorso stradale interessato dalla nuova linea filoviaria, che qui si elencano in sintesi:

- limitazione, dove possibile, dell'uso di pali di sostegno, data la generale esiguità degli spazi disponibili e liberi lungo le strade percorse, con conseguente utilizzo nei tratti in rettilineo di mensole di sostegno della linea;
- elaborazione del progetto prevedendo l'altezza del filo di contatto uguale a 6 metri rispetto al piano stradale.

Vi sono alcune soluzioni progettuali particolari (per altro già presenti in altri tratti dell'impianti filoviario esistente) specifiche dovute ai vincoli esterni presenti nel tratto di strada percorso dalla nuova linea (vincolo dovuti alla morfologia della strada, alla presenza di sottoservizi o linee aeree, alla presenza di aree private in cui risulta impossibile realizzare la linea).

La linea filoviaria ha tensione nominale non superiore a 750 V ed è posta ad un'altezza massima di 6,00 metri sul piano strada.

L'intervento non prevede modifiche ai conduttori di linea, che restano della tipologia già in opera nella maggior parte dell'impianto filoviario: filo di contatto in rame sagomato della sezione di 100 mmq.

Il conduttore viene posizionato ad un'altezza in corrispondenza delle sospensioni non inferiore a 5,20 metri e non superiore a 6,20 metri.

La linea è a doppio bifilare in tutto il tratto interessato dall'intervento.

Nel nuovo tratto in oggetto la sospensione del doppio bifilare e del singolo bifilare di contatto è realizzata tramite sospensione in filo sintetico che sostiene il filo di lavoro tramite sospensioni e relative griffe sia da curva che da rettilineo; la rete di sospensione viene sorretta dai sostegni a palo e dai ganci a muro.

La rete di sospensione è del tipo a sospensione rigida, come quella già esistente, con trasversali e poligonali in fune sintetica tipo parafil, e caratteristiche di resistenza idonee per tiro e proprietà isolanti.

In rettilineo i trasversali di sostegno consecutivi hanno una distanza massima di 25 metri.

I pali di sostegno utilizzati sono del tipo tubolare in acciaio senza saldatura zincati a freddo a 3 rastremazioni con protezione della zona d'incastro con fibra poliestere, della dimensioni idonee ai tiri di calcolo determinati nel prosieguo della relazione.

Il materiale di sospensione è del tipo già presente nella linea esistente: sospensioni e griffe da curva per i tratti in curva o dove sono presenti piccole deviazioni correttive della linea

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

anche se il percorso è in rettilineo e, sospensioni e griffe da rettilineo per il percorso con andamento rettilineo.

Nel progetto sono riutilizzati, dove possibile, come sostegni della nuova rete di sospensione i ganci a muro della linea già esistente: nei calcoli di verifica successive tali sostegni sono stati verificati nuovamente considerando le sollecitazioni indotte dalla nuova linea e quelle dovute alla vecchie, rendendo omogenee le ipotesi di calcolo iniziali prese a base della verifica.

La posizione dei pali di sostegno e la rete della sospensione rigida è illustrata nella Tav. 5.9 e Tav. 5.10.

La determinazione delle sollecitazioni indotte dalla linea sui trasversali di sostegno della rete di sospensione è determinata nella relazione di calcolo presente nelle successive fasi di progettazione.

I corrispondenti tiri sui pali di sostegno, determinato dal trasferimento delle sollecitazioni di linea dai trasversali attraverso la rete di sospensione ai pali stessi è determinata per ogni curva della linea per via grafica nelle successive fasi di progettazione.

La determinazione delle sollecitazioni indotte dalla linea sui trasversali di sostegno della rete di sospensione è determinata nella relazione di calcolo.

I corrispondenti tiri sui pali di sostegno, determinato dal trasferimento delle sollecitazioni di linea dai trasversali attraverso la rete di sospensione ai pali stessi è determinata per ogni curva della linea (CURVE A B C D E F G H I) per via grafica nelle TAVOLE 2B da 5 a 12 allegate alla relazione.

Come riepilogo si elencano i tipi di materiali che sono utilizzati nell'intervento in progetto:

CONDUTTORI: conduttore di rame elettrolitico per linee di contatto sagomato per "Trolley" diametro 11.80 mm sezione nominale 100 mm² conforme alle norme CEI 50149;

SOSTEGNI A PALO: tubolari in acciaio senza saldatura zincati a freddo a 3 rastremature con protezione della zona d'incastro in fibra poliestere del tipo M28 M30 M30C e M32 in conformità al capitolato delle Ferrovie dello Stato spec. CT12 3800/A;

COLLARI PER PALO FILOVIARIO: collari in acciaio zincato tipo Fe 430 di dimensioni 50x4 e 50x6 di diametro di dimensioni adatte al palo cui sono collegati (diametri a disposizione 130 – 160 – 215 – 250 – 290 mm) o con ancoraggio di filo sintetico idoneo per palo in acciaio inox e banditi dimensioni 19x1 per collegamento a palo;

FUNI DI SOSTEGNO: isolanti in materiale sintetico "Parafil" norme UNIFER CEI - UNEL 79825 da 2 e 3,5 tonnellate (esempio prodotto da ditta SIC ITALIANA CAVI o prodotto equivalente);

TERMINALI: in Acciaio Inox ad inserto conico tipo P da 3,5 e 2 tonnellate e tipo F da 3,5 e 2 tonnellate prodotti dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC rispettivamente 101 e 102 o prodotto equivalente;

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

SOSPENSIONI E GRIFFE IN CURVA: per i punti del filo di lavoro con deviazione di linea vengono usate sospensioni ad occhio in acciaio inox, complete di viterie inox, prodotte dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC 278 e griffe elastiche per curva 1600 mm per filo di contatto sagomato in acciaio inox complete di viteria in acciaio inox prodotte dalla CARIBONI disegno 09487/D o prodotto equivalente;

SOSPENSIONI E GRIFFE IN RETTILINEO: per i punti del filo di lavoro in rettilineo vengono usate sospensioni in vetronite per parafil da 2 tonnellate e 3,5 tonnellate, complete di rondelle e viti in acciaio inox, prodotte dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC 201/A e griffe per filo di contatto sagomato in CUPRUMLEGA, complete di viterie in acciaio inox, prodotte dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC 311 o prodotti equivalenti;

DISTANZIATORI ISOLANTI: distanziatori rigidi isolanti per i punti con deviazione di linea in vetroresina, completi di spina e piastrina in acciaio inox, prodotti dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC 278 o prodotto equivalente;

ANELLI DI POLIGONAZIONE: in Acciaio Inox 114x10 e 80x10 prodotti dalla ditta SIC ITALIANA CAVI su disegno SIC 237 o prodotti equivalenti;

GIUNTI DI PIENA TRAZIONE: giunti a vite per filo sagomato da 100 mmq in lega di rame completo di viti in acciaio sagomato;

BLOCCO DI FONDAZIONE: blocco di fondazione per palo di sostegno a forma di plinti incassato nel terreno in conglomerato cementizio con Rck \geq 250 Kg/cm², completo di tubo in cemento vibrato diametro 50 cm per formazione alloggiamento pali di sostegno;

COLLARE ANCORAGGIO PALO VERTICALE A MURO: collare per attacchi del palo verticale a muro in acciaio zincato con tensione di snervamento caratteristica $f_y \geq$ 265 N/mm² (collari prodotti dalla ditta CARIBONI ed illustrati nel disegno NR 58703 serie FS del 30/04/2005 o prodotto equivalente);

SOSTEGNI A MURO PER ANCORAGGIO PALO: attacco applicati su supporto pieno (calcestruzzo non fessurato, lontani da angoli e spigoli) con barra filettata M24 in acciaio inox A₂-70, assimilabile per caratteristiche meccaniche ad acciaio di classe 8.8, completa di bulloneria in acciaio inox A₂-70, messa in opera su foro pulito di opportuna profondità ed ancorata con ancorante chimico bicomponente in resina per carichi pesanti prodotta dalla fischer italia tipo UPM 44 da 360 ml o prodotto equivalente;

MENSOLE TUBOLARI DI SOSTEGNO: mensole tubolari di sostegno in acciaio inox zincate dimensioni 76x8x7850 [mm] e 76x8x6350 [mm] o in vetroresina come da disegno riportato in TAVOLA 18 completi di attacchi rinforzati per mensola da 76 mm a palo diametro 215 160 e 130 e attacchi tiranti a mensola diametro 76 mm.

In ALLEGATO A alla Relazione Introduttiva al progetto sono riportate schede e disegni tecnici dei materiali utilizzati, comprensivi in particolare delle tabelle CEI UNEL 79825 relative alle caratteristiche tecniche delle funi in materiale sintetico e delle specifiche dei pali di sostegno.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

3 Determinazione delle sollecitazioni e calcoli di verifica

3.1 Premessa

La linea aerea è realizzata in conformità alle norme Norma CEI EN 50119, Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Linee aeree di contatto per trazione elettrica, 2021-01 – CLASSIFICAZIONE 9-2 e successive modificazioni ed integrazioni ed alle norme CEI EN 50122-2:2012-02 Classificazione CEI 9-6 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno, in particolare per quanto attiene a:

- Distanze di sicurezza;
- Distanze di rispetto;
- Altezza del filo di contatto;
- Sostegno del filo di contatto;
- Calcolo delle sollecitazioni sui sostegni a palo;
- Calcolo dei blocchi di fondazione;
- Calcolo del tiro e della freccia del filo di contatto;
- Calcolo delle sollecitazioni nei tiranti trasversali.
- Calcolo delle sollecitazione sui sostegni a gancio a muro.

La determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica sono condotti in base alle norme CEI EN 50119 per l'esecuzione delle linee elettriche di contatto.

In particolare, conformemente al quanto prescritto dalla norme sopra menzionate, la presente relazione illustrerà:

- La determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica sui pali di sostegno;
- La determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica dei blocchi di fondazione;
- La determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica nei tiranti trasversali.
- Il calcolo del tiro e della freccia del filo di contatto;
- La determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica degli ancoraggi a muro;
- La determinazione delle sollecitazione ed i calcoli di verifica per gli ancoraggi a muro dei collare di attacco del palo al muro in conglomerato cementizio ed in pietra.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

3.2 Determinazione delle sollecitazioni ed i calcoli di verifica sui pali di sostegno

L'obiettivo è di determinare i momenti flettenti in ogni sezione dei pali di sostegno conseguenti alle forze applicate sulla base delle condizioni di carico più gravose previste dalle norme CEI 9-2.

Nel calcolo si considerano alcune ipotesi semplificative, evidenziate opportunamente nei seguenti paragrafi, che tuttavia vanno sempre verso condizioni di sicurezza maggiore.

Le sollecitazioni determinate sono utilizzate come elementi in ingresso per i calcoli di verifica che documentano che tali sollecitazioni siano contenute nei limiti stabiliti dalle norme stesse e nei limiti di resistenza dei pali fornite dalla casa costruttrice presenti nelle schede tecniche dell'ALLEGATO 4.

Il nuovo impianto utilizza nella curva Via Sarzana Via del Canaletto dei ganci a muro della linea filoviaria esistente che effettuava la svolta a destra verso il quartiere del Canaletto realizzata negli anni '80 solo se rispondenti ai parametri degli attuali ganci a muro.

3.2.1 Quote punti d'applicazione sollecitazioni sui sostegni rispetto ad incastri

3.2.1.1 Quota punti applicazione sollecitazioni pali con fondazione

La quota di posizionamento dei collari cui sono ancorati i trasversali che sostengono le linee sono calcolati in modo da garantire in ogni condizione di esercizio la sopraelevazione minima dei conduttori del piano stradale di 5.60 m.

Ai 5.60 metri di altezza del filo di lavoro si aggiungono 30 cm dovuti al massimo abbassamento dello stesso dovuto alla sua dilatazione termica e 10 cm che è l'altezza media dei marciapiedi su cui sono posizionati i pali rispetto al piano stradale.

A questi 6.00 metri si deve aggiungere la sopraelevazione dovuta all'inclinazione max del tirante trasversale che converge su palo dal punto di sospensione o dal nodo di sospensione, dipendente dalla distanza del palo da questo punto o nodo e che varia tra il 6% ed il 12% a seconda del valore di tale distanza.

Questa quota minima è quella di calcolo idonea a determinare l'altezza del punto di applicazione della sollecitazione sul palo rispetto all'incastro nella fondazione, elemento essenziale nella determinazione del momento agente sul palo stesso: in fase esecutiva, tuttavia, l'altezza della linea filoviaria potrebbe risultare maggiore rispetto a tale valore mentre l'altezza di applicazione del collare su ogni palo è sempre quella di progetto.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Queste ipotesi generali non sono valide per alcuni pali le cui localizzazione determina delle variazioni della quota collare per diverse ragioni (plinto di fondazione fuori terra, localizzazione in area quota inferiore al piano strada, ecc.) che saranno precisate in ogni caso.

In particolare in corrispondenza del sottopasso ferroviario presente in Via del Canaletto la linea risulta essere alta circa 4,35 mt rispetto al livello stradale dato il vincolo del sottopasso ferroviario alto 4,55 metri.

Per la realizzazione della linea nel sottopasso, descritta in uno specifico paragrafo, si richiede una deroga all'altezza minima della linea sul piano stradale di 4,70 metri.

Per semplificare i calcoli a favore della sicurezza si considera nei calcoli di questa sopraelevazione la distanza maggiore nodo-palo tra quelle dei tiranti che convergono sul palo.

Le quote considerate nei calcoli palo per palo sono indicate nella tabella successiva: nella tabella sono indicate le quote di tutti i collari presenti sul palo di sostegno ma, come già evidenziato, nelle schede dei calcoli di verifica (vedi Allegato 4) è considerata solo la quota maggiore; inoltre per quei pali della tabella in cui il progetto prevede la messa in opera di una mensola per il sostegno della linea, vengo indicate le due quote di applicazione della mensola e di applicazione dei tiranti che sostengono la mensola misurate da base palo (vedi TAVOLA 2b.13 14 e 15 degli elaborati grafici).

Nella tabella presente alla pagina seguente sono presenti i calcoli dell'altezza di applicazione dei collari sui singoli pali, sulla base della lunghezza dei tiranti che sono collegati al palo e della loro inclinazione e sulla base dell'altezza della base del palo.

Per esempio per il palo identificato con il N. 1 del tipo M32 la sopraelevazione per inclinazione max della trasversale del 12% su una distanza massima di 15.4 metri quota del collare rispetto al piano stradale è data:

1.88 m

cui si deve sottrarre 1.20 m per la sopraelevazione del piano di posa rispetto al piano stradale

quota calcolo sollecitazione (approssimando ai 10 cm) 6.70 m rispetto a piano stradale.

Per i seguenti pali, come indicato in tabella, si è considerata una sopraelevazione della quota della base palo rispetto alla quota della strada:

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

N. identificativo palo	Sopraelevazione in cm	Localizzazione palo
518	100	in aiuola più alta della strada
159	50	in aiuola più alta della strada
520	20	Bivio Cento lato Favaro più alto
521	30	Bivio Cento lato Favaro più alto
545	40	aiuola centro rotatoria
546	40	Via Buonviaggio dopo rotatoria
549	20	marciapiede
550	20	marciapiede
551	20	marciapiede
582	20	marciapiede
566	30	aiuola centro rotatoria
567	60	aiuola centro rotatoria
572	180	sopra muro contenimento svincolo ANAS
573	170	sopra muro contenimento svincolo ANAS
574	120	sopra muro contenimento svincolo ANAS
575	70	aiuola sopra strada
577	30	aiuola sopra strada
581	20	aiuola sopra strada.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Nella Tabella della pagina precedente è riportato l'elenco dei pali cui sono collegate le mensole, con indicazione lunghezza mensola, altezza collare di collegamento mensola palo da base palo fuori terra ed altezza collari tiranti mensola.

Nel caso di tiranti la cui lunghezza è grande, l'inclinazione del tirante stesso considerata nei calcoli non è quella comunemente utilizzate del 12%, ma è inferiore; in particolare si sono adottate queste inclinazioni per i seguenti pali:

N. identificativo palo	inclinazione tirante adottata nei calcoli
522	11%
539	10%
541	8%
542	10%
545	7%
546	9%
564	8%
566	10%
567	10%
574	9%

3.2.1.2 Quota punti applicazione sollecitazione pali ancorato a muro con collari

I pali identificati negli elaborati progettuali con i numeri 41, 526, 537, 539, 543, 557, 583 dato l'esistenza di sottoservizi che impediscono la realizzazione del plinto di fondazione, la presenza di un marciapiede di modeste dimensioni e il dislivello esistente tra piano stradale di Via Buonviaggio e piano di campagna lato torrente Dorgia (vedi documentazione fotografica allegata), vengono ancorati al muro del rilevato stradale tramite 2 collari in acciaio di opportune dimensioni avvitati a barre filettate inserite nel muro stesso ed ancorate con legante chimico per carichi pesanti; il palo 557 ha la base che appoggia sul terreno dell'argine del torrente.

Nello schema di calcolo utilizzato in progetto per i 6 pali e descritto nel paragrafo 3.7, i 2 collari hanno la funzioni diverse: i due collari si ipotizzi assorbano il momento sul palo dalle sollecitazione orizzontali della linea (trazione/compressione a seconda della direzione della sollecitazione rispetto agli ancoraggi); il collare di ancoraggio inferiore, inoltre, ha una doppia barra di base che ha la funzione di assorbire le forze verticali dovute al peso proprio del palo ed al peso della linea agente sul palo stesso.

Nelle TAVOLA 2B.13 2B.14 e 2B.15 è rappresentato lo schema di realizzazione dei pali e il relativo modello di calcolo delle sollecitazione adottato.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Per i pali 41 526 537 539 e 543 il collare superiore risulta essere compresso ed ad una quota di -15 cm dal piano stradale considerata quota di riferimento zero, mentre il collare inferiore risulta essere sottoposto a trazione ed a quota variabile dal piano stradale.

Per i pali 513 557 e 583 il collare superiore risulta essere teso e quelli inferiore compresso.

La distanza tra i due collari risulta essere il braccio delle forze di sollecitazione dei collari stessi che si oppone al momento determinato sul palo dalle sollecitazioni della linea (il punto intermedio del braccio è denominato fulcro del braccio).

La quota di posizionamento dei collari cui sono ancorati i trasversali che sostengono le linee sono calcolati in modo da garantire in ogni condizione di esercizio la sopraelevazione minima dei conduttori del piano stradale di 5.60 m.

Ai 5.60 metri di altezza del filo di lavoro si aggiungono 30 cm dovuti al massimo abbassamento dello stesso dovuto alla sua dilatazione termica e 10 cm che è l'altezza media dei marciapiedi su cui sono posizionati i pali rispetto al piano stradale.

A questi 6.00 metri si deve aggiungere la sopraelevazione dovuta all'inclinazione max del tirante trasversale che converge su palo dal punto di sospensione o dal nodo di sospensione, dipendente dalla distanza del palo da questo punto o nodo e che varia tra il 6% ed il 12% a seconda del valore di tale distanza.

Nel caso ai pali di sostegno sia applicata una mensola, l'altezza di progetto dell'applicazione della mensola è di 6.00 metri sul piano stradale e quindi l'altezza del filo di lavoro è di circa 5,60 metri sul piano stradale (considerando di progetto una lunghezza dei pendini di sospensione del filo di lavoro collegati alla mensola di 40 cm); di conseguenza ai valori sopra riportati validi in generale, si devono sottrarre tali 40 cm nel caso il palo di sostegno sia con mensola.

Questa quota minima è quella di calcolo idonea a determinare l'altezza del punto di applicazione della sollecitazione sul palo rispetto all'incastro nella fondazione, elemento essenziale nella determinazione del momento agente sul palo stesso: in fase esecutiva, tuttavia, l'altezza della linea filoviaria potrebbe risultare maggiore rispetto a tale valore mentre l'altezza di applicazione del collare su ogni palo è sempre quella di progetto.

Per semplificare i calcoli a favore della sicurezza si considera nei calcoli di questa sopraelevazione la distanza maggiore nodo-palo tra quelle dei tiranti che convergono sul palo.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Dagli schemi grafici presenti nelle TAVOLE 2B.13 e 2B.14 viene indicata la quota di applicazione delle sollecitazioni della linea per ciascun palo.

3.2.2 Sollecitazioni indotte dalla linea

Sono qui di seguito considerati tutti le sollecitazioni indotte dalla linea filoviaria che poi attraverso la rete di sospensione sono trasferite sui pali di sostegni.

M1 - sollecitazione dovuta al peso della linea, all'azione del vento sui conduttori e all'eventuale presenza di un manicotto di ghiaccio, calcolati in base a quanto disposto dalle norme CEI EN 50119 classificazione 9-2.

1° IPOTESI DI CARICO

Tutte le funi integre ad una temperatura di -5 °C e con vento orizzontale normale alla linea che spira ad una velocità di 130 Km/h.

Dati:

Lunghezza campata tra 2 trasversali consecutivi:	L metri
Numero cavi filo di lavoro sostenuti dal trasversale:	N
Diametro conduttori:	$\delta = 11,8 \text{ mm}$
Peso conduttori:	$p_c = 0,890 \text{ Kg/m}$
Velocità del vento:	$v = 130 \text{ Km/h}$

La pressione esercitata dal vento vale (riferita alla sezione assiale) sulla base della Tabella nella norma CEI 9-2:

$$p_v = 72 \text{ Kg/m}^2$$

da cui una forza per unità di lunghezza di filo

$$f_v = p_v \cdot 1 \cdot \delta / 1000 = 0,850 \text{ Kg/m}$$

Il carico dovuto al peso dei conduttori è:

$$p_c = 0,890 \text{ Kg/m}$$

Carico verticale totale applicato:

$$P_n = p_c \cdot N \cdot L$$

Carico orizzontale totale applicato:

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

$$P_{0'} = f_v \cdot N \cdot L$$

La componente orizzontale su ciascun tirante di sostegno per effetto del peso della linea risulta:

$$P_{0''} = P_{n'} / (2 \cdot \operatorname{tg} \beta) \quad \text{dove } \beta = 7,6^\circ \text{ (12\% circa) } 0.13264 \text{ radianti è l'angolo formato dalla trasversale con l'orizzontale}^1.$$

La sollecitazione risultante orizzontale presente nel trasversale per effetto di queste ipotesi di carico in rettilineo risulta quindi:

$$F = P_{0'} + P_{0''}$$

Si calcola un tratto in rettilineo a doppio bifilare:

$$N = 4$$

e si considera la lunghezza massima tra i due trasversali campata uguale a 25 metri

$$L = 25 \text{ mt si ha}$$

$$P_{n'} = 0.890 \cdot 4 \cdot (25 / 2 + 25 / 2) = 89.0 \text{ Kg}$$

$$P_{0'} = 0.850 \cdot 4 \cdot (25 / 2 + 25 / 2) = 85.0 \text{ Kg}$$

$$P_{0''} = P_{n'} / (2 \cdot \operatorname{tg} \beta) = 370.8 \text{ Kg}$$

$$F = P_{0'} + P_{0''} = \mathbf{455.8 \text{ Kg}}$$

Si considera, ora, una seconda ipotesi di carico:

II° IPOTESI DI CARICO

Tutte le funi integre nelle condizioni di temperatura e di carico previste per la zona B con vento orizzontale normale alle linea spirante a 65 Km/h.

Dati:

Lungh. max campata:	L
Numero cavi filo di lavoro sostenuti dal trasversale:	N
Diametro conduttori:	$\delta = 11,8 \text{ mm}$
Peso conduttori:	$p_c = 0,890 \text{ Kg/m}$
Velocità del vento:	$v = 65 \text{ Km/h}$

¹ Si considera un pendenza del trasversale uguale per tutti e corrispondente al 12%.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Manicotto di ghiaccio:

$$s_g = 12 \text{ mm}$$

La pressione esercitata dal vento vale (riferita alla sezione assiale) sulla base della Tabella riportata al punto 2.1.04 CEI - CNR 9-2:

$$p_{v''} = 18 \text{ Kg/m}^2$$

da cui una forza per unità di lunghezza di filo con manicotto di ghiaccio

$$f_{v''} = p_{v''} * 1 * (\delta + 2 * s_g) / 1000 = 0,644 \text{ Kg/m}$$

Il carico dovuto al peso dei conduttori è:

$$p_c = 0,890 \text{ Kg/m}$$

Il carico unitario dovuto al peso del ghiaccio:

$$p_g = 0,92 * \Pi * s_g * (s_g + \delta) / 1000 = 0,825 \text{ Kg/m}$$

Carico verticale totale applicato:

$$P_{n'} = (p_c + p_g) * N * L$$

Carico orizzontale totale applicato

$$P_{0'} = f_{v''} * N * L$$

La componente orizzontale su ciascun tirante di sostegno per effetto del peso della linea risulta:

$$P_{0''} = P_{n'} / (2 * \text{tg}\beta) \quad \text{dove } \beta = 7,6^\circ \text{ (12\% circa) } 0.13264 \text{ radianti è l'angolo formato dalla trasversale con l'orizzontale}^2.$$

La forza risultante al collare risulta quindi:

$$F = P_{0'} + P_{0''}$$

Anche per questa ipotesi si calcola un tratto in rettilineo a doppio bifilare:

$$N = 4$$

e si considera la lunghezza massima tra i due trasversali campata uguale a 25 metri

$$L = 25 \text{ mt si ha}$$

$$P_{n'} = (0.890 + 0.825) * 4 * (25 / 2 + 25 / 2) = 171,5 \text{ Kg}$$

² Si considera un pendenza del trasversale uguale per tutti e corrispondente al 12%.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

$$P_{0'} = 0.644 * 4 * (25 / 2 + 25 / 2) = 64.4 \text{ Kg}$$

$$P_{0''} = P_{0'} / (2 * \operatorname{tg} \beta) = 642.7 \text{ Kg}$$

$$F = P_{0'} + P_{0''} = \textcolor{red}{763} \text{ Kg}$$

Quindi a parità di condizioni della linea l'ipotesi più gravosa risulta essere la II° IPOTESI di carico e quindi gli sforzi dovuti al peso ed all'azione del vento sulla linea di progetto si calcolano sulla base di questa ipotesi.

Nel presente Progetto Definitivo, pur riportando in ALLEGATO le TAVOLE per la determinazione grafica delle sollecitazioni indotte su ogni palo e su ogni gancio a muro si omette di riportare i calcoli e le schede di verifica di pali e fondazioni, cose che devono essere presenti nella successiva fase di progettazione esecutiva.

M₄ - momento dovuto alle sollecitazioni nella trasversale dalle deviazioni della linea e dallo stato di tensione della linea.

La linea assume in tal caso l'andamento di una poligonale, e le trasversali ed i tiranti che ne determinano i vertici sono soggetti ad uno sforzo centripeto il cui valore dipende dalla tensione meccanica T dei conduttori e dal valore dell'angolo di deviazione.

$$F = n^{\circ} \text{ conduttori} * 2 * T * \sin(\alpha/2)$$

dove T è il carico massimo di sicurezza che si assume pari ad un terzo del carico di rottura del conduttore e α è l'angolo di deviazione

$$\sigma_a = 30 / 3 = 10 \text{ Kg/mm}^2$$

considerando di utilizzare il conduttore in filo sagomato di rame elettrolitico sez. 100 mm² SI HA:

$$T = 10 * 100 = 1000 \text{ kg}$$

A favore della sicurezza è stato considerato lo sforzo massimo di tendimento di 1000 kg e non la sollecitazione reale cui viene tesato il filo di lavoro in rame di 800 kg.

La sollecitazione, quindi, è trasmessa solo ai tiranti e quindi ai pali di sostegno o ai ganci a muro presenti nella parte esterna della curva.

Nella parte interna della curva questa tipologia di sollecitazione non è presente.

Nel presente Progetto Definitivo, pur riportando in ALLEGATO le TAVOLE per la determinazione grafica delle sollecitazioni indotte dalla deviazione della linea su ogni palo e su ogni gancio a muro si omette di riportare i calcoli e le schede di verifica di

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

pali e fondazioni, cose che devono essere presenti nella successiva fase di progettazione esecutiva.

Riassumendo le sollecitazioni indotte sui trasversali prese in considerazione sono:

1. per trasversali in rettilineo sollecitazioni M1 indotte dal peso e dal vento sulla linea per doppio bifilare (IPOTESI II° più gravosa);
2. per trasversali in curva sollecitazioni M1 indotte dal peso e dal vento sulla linea (IPOTESI II° più gravosa) e sollecitazioni M4 indotta dalle deviazioni della linea per doppio bifilare solo per i tiranti esterni alla curva stessa;
3. per trasversali estremi di curva sollecitazioni M1 indotte dal peso e dal vento sulla linea (IPOTESI II° più gravosa) e sollecitazioni M4 indotta dalle deviazioni della linea per doppio bifilare, in quanto sostenenti anche campata linea rettilinea che prosegue dopo il tratto in curva.

Nelle TAVOLE già elencate per ogni punto di sospensione sono riportate le sollecitazioni indotte sui trasversali che partono dallo stesso punto.

Le sollecitazioni indotte dalla linea si trasferiscono attraverso la rete di sospensione ai collari dei pali di sostegno ed ai ganci a muro: la determinazione delle forze è illustrata per via grafica nelle TAVOLE utilizzando le tecniche di statica grafica per la composizione vettoriale.

Il momento generato sulle sezioni del sostegno è di tipo triangolare secondo la relazione:

$M_4 = F \cdot x$ dove x è la quota corrente di applicazione della forza rispetto alla sezione considerata.

Il calcolo del momento applicato nelle sezioni significative del sostegno è riportato nelle schede di calcolo illustrate al punto 5.2.4 della presente relazione e presenti palo per palo in ALLEGATO 2.

3.2.3 Sollecitazioni indotte direttamente sul palo di sostegno

M3 - momento dovuto all'azione del vento sul sostegno.

Al fine di semplificare il modello di calcolo si ipotizza che i sostegni abbiano sezione costante uguale alla maggiore in ogni rastremazione trascurando i raccordi a sezione variabile (ipotesi cautelativa).

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Si assume come base di calcolo la condizione più onerosa di carico (II° IPOTESI), determinata nelle pagine precedenti per M_1 , rappresentata da vento spirante normalmente alla linea a 65 Km/h e manicotto di ghiaccio.

Conformemente alla norme CEI 9-2, non si considerano le incrostazioni del ghiaccio sul sostegno.

Se d è il diametro alla base, l la lunghezza e h la quota del baricentro della rastremazione rispetto alla sezione d'incastro, si ha:

$F_{vp} = 18 * l * d$ [Kg] dove 18 Kg/m^2 è la pressione esercitata dal vento su superfici cilindriche, riferita alla sezione assiale, come indicato dalle norme CEI 9-2.

Il momento rovesciante è di tipo triangolare ed è pari a:

$$M_{vp} = F_{vp} * h$$

3.2.4 Calcoli di verifica

Nel progetto esecutivo devono essere riportate tutte le schede di calcolo che riportano per ciascun sostegno da installare il calcolo dei momenti massimi ammissibili nelle sezioni significative del sostegno, valutato in base ai dati forniti dal costruttore (nell'ALLEGATO A sono riportate le copie delle caratteristiche di resistenza delle diverse tipologie di pali elaborate dalle ditte produttrici), tale momento è messo a confronto con il momento massimo applicato, calcolato in funzione della somma delle sollecitazioni indotte sul palo e illustrate nei paragrafi 5.2.2 e 5.2.3 e della quota di applicazione indicata nel paragrafo 5.2.1.

La verifica che in tutte le sezioni non venga superato il carico massimo ammissibile, si effettua per confronto del momento massimo applicato e della tensione ammissibile.

In questa fase di progettazione definitiva tale verifica è stata fatta ma non si riporta nella Relazione né nelle singole schede di verifica.

Ad ogni sezione del palo corrisponde, infatti, un momento massimo ammissibile Q che è funzione del modulo di resistenza e della tensione ammissibile.

In particolare il momento massimo ammissibile è così calcolato:

se d è il diametro della sezione, s lo spessore della corona circolare, si ha:

$$W = [0,098 * d - (d - 2 * s)] / d \quad [\text{mm}^2]$$

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

N.B. i valori di W sono forniti nelle specifiche dei sostegni fornite dalle ditte produttrici

$$\sigma_{amm} = 60 / 3 = 20 \text{ Kg/mm}^2$$

$$Q = W * \sigma_{amm}$$

Le caratteristiche di resistenza dei pali esistenti utilizzati nel progetto (vedi Tabella “Elenco pali e caratterizzazione” in fondo alla relazione) sono ricavate dalla schede tecniche relative all’impianto filoviario esistente che fornivano:

- 1. codifica del palo esistente che ne identificava la tipologia di palo installato e le dimensioni della fondazione;**
- 2. dimensioni di ogni tipologia di palo: lunghezza diametro e spessore di ogni rastremazione;**
- 3. dimensioni di ogni tipologia di fondazione.**

3.3 Calcolo dei blocchi di fondazione

3.3.1 Tipologia fondazioni

Nella Tabella “Elenco pali e caratterizzazione” è fornito l'elenco di tutti i pali di progetto comprensivo delle dimensioni del rispettivo blocco di fondazione.

Tutti i sostegni a palo di progetto sono posati su plinto in CIs non rastremato incassato nel terreno.

I plinti sono blocchi di fondazione parallelepipedi a sezione di base quadrata senza risega e di profondità variabile in funzione delle caratteristiche del sostegno; sono realizzati in calcestruzzo Rbk 250.

L'azione della fondazione sul terreno di posa è svolta in una specifica Relazione Geotecnica che è parte integrante del progetto, a cui questa relazione rimanda.

3.3.2 Modello di calcolo fondazioni

La verifica di stabilità delle fondazioni è eseguita in base ai criteri riportati nella norma CEI 9-2 e nella norma CEI EN 50199.

Il momento rovesciante allo spigolo inferiore del blocco M_r è dato da:

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

$M_r = F * (h+c)$ dove h è la lunghezza della parte del sostegno fuori terra e c è la profondità del blocco ed F è la risultante delle sollecitazioni agenti sul palo fuori terra.

Il momento stabilizzante è dato da:

$$M_s = (C * b * c^3) + (0,85 * Pa / 2) \quad \text{dove.}$$

- a lato della base del blocco non intersecato dalla proiezione verticale della risultante di tutte le forze applicate sul palo di sostegno
- b lato della base del blocco intersecato dalla proiezione verticale della risultante di tutte le forze applicate sul palo di sostegno
- c profondità di interramento del blocco.

C è un coefficiente specifico per ciascun terreno, crescente con la compattezza del terreno stesso e comunemente compreso fra 635 Kg/m³ (terreni incoerenti) e 1100 Kg/m³ (terreni molto compatti quali quelli dei rilevati stradali).

Nel caso specifico poiché il terreno interessato è ubicato sia nell'area del parcheggio, già sede di un piazzale carrabile preesistente, sia nella sede stradale o su un marciapiede, dato che ha già subito un consolidamento per lungo periodo, è stato utilizzato nelle sedi stradali e non è soggetto a scorrere per azione dell'acqua, si è adottato un valore di calcolo uguale al massimo ammissibile di 1100 Kg/m³.

Nel calcolo del momento stabilizzante è stato considerato anche l'effetto verticale trasmesso dal sostegno incluso il peso effettivo del sostegno (norma CEI EN 50119).

Il momento ribaltante non deve superare l'85% del momento stabilizzante ovvero un rapporto in percentuale

$$\frac{M_r \text{ (momento ribaltante)}}{M_s \text{ (momento stabilizzante)}} * 100 \leq 85$$

e quindi si considera un coefficiente di sicurezza pari a 1,176 e quindi la verifica viene soddisfatta se $M_s / M_r \geq 1.176$.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Anche per questa verifica nel presente progetto Definitivo si omettono tutte le schede con il dimensionamento palo per palo dei blocchi, calcolate con i criteri sopra indicati.

3.4 Calcolo delle sollecitazioni nei tiranti trasversali

I tiranti trasversali utilizzati sono da 3500 Kg quelli presenti nella parte esterna-curva ad inizio e fine curva e sulla spina della curva centrale della rotatoria e delle 2 curve in ingresso alla rotatoria, ed il resto da 2000 Kg (vedi schede in ALLEGATO 1).

Dalle sollecitazioni previste in progetto e dai conseguenti sforzi trasferiti dalla linea di contatto alla rete di sospensione, determinati per via grafica nella tavole progettuali, sono previste delle sollecitazioni nei tiranti sempre inferiori a 2000 Kg, con conseguente rispetto degli sforzi massimi ammissibili su di essi.

Lo sforzo orizzontale massimo trasmesso da un tirante risulta essere infatti (vada TAVOLA 2):

Smax (tirante d'ancoraggio scambio elettrico e scambio meccanico presenti solo nel caso di realizzazione del tratto di impianti interno all'area destinata all'OSPEDALE del FELETTINO) =

1000 Kg < 2000 kg.

3.5 Calcolo di verifica degli ancoraggi a muro

3.5.1 Descrizione ancoraggi a muro

Il progetto della nuova linea comporta la realizzazione di nuovi ancoraggi a muro.

Gli ancoraggi a muro sono realizzati per mezzo di barre a filettatura metrica in acciaio inox con gancio ad occhiolo, fissate alla muratura con ancorante chimico in resina rinforzata con legante idraulico ed induritore.

La resina in esame è adatta per il fissaggio chimico ad alta resistenza su calcestruzzo o muratura in mattoni pieni, garantendo un'elevata resistenza e basse sensibilità all'umidità.

Le caratteristiche di resistenza del fissaggio dipendono in modo considerevole dalle caratteristiche del supporto; pertanto, i punti d'ancoraggio sono eseguiti in opera evitando pareti di tamponamento e in generale muri in laterizio forato, privilegiando le strutture in calcestruzzo armato o, in mancanza di quest'ultimo, le murature in mattone pieno.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

I tiranti filettati sono in acciaio inox M20 ed hanno un diametro di 20 mm ed una profondità di 200 mm.

Tutti gli ancoraggi a muro sono realizzati a distanza dal bordo libero della muratura (spigolo, montante o davanzale finestra, inizio muro tamponamento) maggiore della distanza critica indicata dal produttore di 210 mm per le barre M20.

Nell'ALLEGATO A sono riportate esplicitamente le procedure di posa dell'ancoraggio a muro seguite durante dal nostro personale in fase realizzativa, le caratteristiche tecniche e di resistenza dell'insieme legante barra d'ancoraggio, a base dei successivi calcoli di verifica.

E' riportato, inoltre, la descrizione specifica del legante in resina, con le caratteristiche tecniche generali.

Il calcolo di verifica è fatto considerando che in caso incidentale la rottura avvenga lungo il tirante e non già in corrispondenza del gancio a muro.

Nella Tabella “GANCI A MURO DI SOSTEGNO DI PROGETTO” presente in fondo alla relazione sono indicati per ogni gancio i seguenti dati:

- Numero identificativo del Gancio;
- Tipo del gancio se nuovo o già esistente;
- Numero tiranti della rete di sospensione sostenuti dal gancio;
- Sollecitazione totale sul gancio, determinata dalla TAVOLE;
- NOTE con indicazione della via e del numero civico dell'edificio in cui è installato il gancio.

Dal calcolo grafico delle sollecitazioni indotte nei ganci di sostegno dalla rete di sospensione (vedi TABELLA GANCI) le sollecitazioni determinate risultano essere non maggiori di 1000 Kg, come richiesto dalla normativa di riferimento (norma CEI 9-2).

3.5.2 Calcoli di verifica

Materiale di supporto: calcestruzzo armato / mattone pieno.

Resistenza a compressione: 400 Kg/cm² quindi con Resistenza \geq C20/25

Spessore del supporto: h \geq 280 mm.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Dovendo avvenire per ipotesi la rottura (vedi paragrafo precedente di verifica dei tiranti) si effettua la verifica supponendo una sollecitazione massima di 2000 kg anche se dagli elaborati di progetto la sollecitazione risultante massima su un gancio (gancio GE6) è di 752 Kg

$$P = 2000 \text{ kg};$$

considerando un angolo d'incidenza della direzione di carico rispetto alla direzione del supporto di 15° si ha il seguente stato di sollecitazione:

sforzo di taglio: $T = P * \sin 15^\circ = 194 \text{ Kg}$

sforzo normale: $N = P * \cos 15^\circ = 726 \text{ Kg}$

Dalla tabella visibile in ALLEGATO A si ha barre filettate zincate in acciaio inox A2 M20 con profondità d'ancoraggio pari a 200 mm i e per R_{ck} 20/25 valori delle resistenze (carichi limite di servizio) raccomandate dal venditore di:

$$T_{\text{resistente}} = 3640 \text{ Kg} > 194 \text{ kg}$$

$$N_{\text{resistente}} = 3050 \text{ Kg} > 726 \text{ kg}$$

Essendo il carico obliquo. le schede tecniche del materiale impongono anche la verifica del carico combinato taglio sforzo normale:

$$(T / T_{\text{resistente}}) + (N / N_{\text{resistente}}) \leq 1.2 \quad \text{e quindi la verifica}$$

$$(194 / 3640) + (726 / 3050) = 0.053296 + 0.238033 = 0.828898 < 1.2 \quad \text{è rispettata}$$

3.6 Calcolo di verifica dei collari di collegamento dei pali a muro

3.6.1 Descrizione caratteristiche collegamento

I pali identificati con i N. 513 537 e 543 del tipo M28A, con il N. 557 583 del tipo M30C e con il N. 41 526 e 539 del tipo M30B sono collegati ai muro che delimitano la carreggiata stradale (sia di contenimento del rilevato stradale sopraelevato rispetto al terreno intorno sia viceversa di contenimento del terreno dato il rilevato stradale a quota inferiore) in conglomerato cementizio (calcestruzzo) non fessurato ed in muratura (vedi documentazione fotografica), tramite 2 collari in acciaio zincato ad altezza variabile rispetto al piede della muratura.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Nel modello di calcolo considerato si ipotizza che i 2 collari abbiano la funzione di assorbire il momento indotto sul palo dalle sollecitazioni trasmesse dalla rete di sospensione con un collare sollecitato a compressione e uno trazione a seconda della posizione reciproca palo-muro e della direzione della sollecitazione sul palo (vedi TAVOLA 2B.14).

Il peso del palo, il peso della linea trasmesso al palo dalla rete di sospensione e il peso proprio dei 3 collari sono assorbiti dal collare inferiore che ha 2 barre saldata sotto il collare che svolgono tale funzione (vedi scheda tecnica in ALLEGATO A Relazione Introduttiva).

3.7.1.1 Descrizione collari

I collari sono in acciaio zincato con tensione di snervamento $f_y \geq 265$ N/mm², (materiale FE430B EN 10025 zincato a caldo secondo norme UNI EN ISO 1461) come da certificato di analisi di colata allegato da presentare in sede di colludo della nuova linea filoviarie.

Nell'ALLEGATO è inviato anche una documentazione fotografica di analoghi collari a muro già utilizzati per pali di sostegno della linea ferroviaria.

Ogni collare è costituito da 2 pezzi imbullonati insieme con viti rosette e bulloni in acciaio inossidabile A2-70 (riferimento ISO 3506-2) aventi tensione caratteristiche di resistenza uguale a 700 N/mm², corrispondenti a viti di classe 10.9 e dadi 8G.

Le viti sono a testa esagonale e a tutto filetto.

Ogni pezzo del collare è a pezzo unico non saldato con lo spessore di 27 - 30 mm.

Sotto al collare inferiore sono imbullonati 2 profili a c per il sostegno del peso (vedi scheda tecnica in ALLEGATO A prodotto CARIBONI Categoria 768 progressivo 085 e 092, ma possibile utilizzo anche di prodotto equivalente).

Il diametro dei collari è idoneo per pali di diametro di 270 mm (palo M30C e M30B); per i pali M28A il collare viene opportunamente adattato inserendo un cuscinetto in gomma di spessore opportuno tra palo e collare.

Il collare indicato nella schede dell'ALLEGATO 2 fa da riferimento per i calcoli di verifica, anche se in fase esecutivo i collari acquistati possono essere leggermente differenti ed essere prodotti da altro produttore. Essi, comunque, rispettano i parametri indicati nelle schede e nella presente relazione.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

3.7.1.2 Descrizione ancoraggi a muro

Il muro su cui sono collegati i collari di ancoraggio è in calcestruzzo compresso non fessurato (vedi documentazione fotografica e documentazione tecnica di progetto del muro presente in allegato) con caratteristiche Rck 20/25, che fa parte del muro di contenimento del rilavato stradale di Via Buonviaggio, dei pilastri del nuovo ponte ANAS all'incrocio tra Via del Forno e Via Buonviaggio e del nuovo muro di contenimento del torrente Nuova Dorgia in corrispondenza della curva in Via del Forno realizzato nel progetto ANAS (collari pali 529 537 539 543 557).

Per il collari dei pali 513 526 applicati a muri in sasso si considera gli stessi carichi ammissibili per muro in calcestruzzo non fessurato, aggiungendo però un coefficiente di sicurezza di 2 per tenere conto della diversa conformazione della muratura.

Gli ancoraggi a muro sono realizzati per mezzo di barre a filettatura metrica in acciaio inox A4-70 (caratteristiche assimilabili a quella dell'acciaio classe 10.8) sui cui sono fissati i collari tramite dadi in acciaio inox A4-70, serrati con coppia determinata uguale a 400 Nm tramite chiave dinamometrica.

Le barre filettate sono fissate alla muratura con ancorante chimico in cartuccia ad iniezione in resina vinilestere ibrida, senza stirene, composta da leganti organici a base di resine, cariche minerali e additivi che ne incrementano le caratteristiche fisico meccaniche.

In ALLEGATO A è fornita una scheda tecnica del legante tipo fischer FIS v 360 S per carichi pesanti, con le relative certificazioni, in cui sono indicate le prestazioni in termini di resistenza dell'ancoraggio su calcestruzzo non fessurato; in fase esecutiva il progetto prevede l'utilizzazione di un legante avente caratteristiche simili o superiori, le cui schede tecniche di accompagnamento saranno disponibili in sede di collaudo.

La resina in esame è adatta per il fissaggio chimico ad alta resistenza su calcestruzzo o muratura in mattoni pieni, garantendo un'elevata resistenza e basse sensibilità all'umidità.

I tiranti filettati sono barre filettate in acciaio inox M30 ed hanno un diametro di 30 mm ed una profondità di ancoraggio di almeno 300 mm; le distanze reciproche tra ciascuna foro di ancoraggio è maggiore di questo valore in modo da evitare qualsiasi interferenza tra fori vicini.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

3.7.2 Verifiche

3.7.2.1 Verifica palo di sostegno collegamenti unione bullonata collari

Nelle schede di calcolo dei pali da riportare nel progetto ESECUTIVO si riporta per i sostegni a palo identificati con i numeri 41 513 526 537 539 543 557 583 il calcolo del momento massimo ammissibile nella sezione significativa, valutato in base ai dati forniti dal costruttore (nell'ALLEGATO A sono riportate le copie delle specifiche dei pali di sostegno), tale momento è messo a confronti con il momento massimo applicato, calcolato in funzione della somma delle sollecitazioni indotte sul palo e illustrate nei paragrafi 3.2.2 e 3.2.3 e della quota di applicazione indicata nel paragrafo 3.2.1.

Si procede con le ipotesi già illustrate al paragrafo 3.2.4.

3.7.2.2 Verifiche collegamenti unione bullonata collari

Nel modello di calcolo considerato si ipotizza che un collare sia sollecitato da uno sforzo di trazione.

L'unione bullonata che collega i 2 pezzi del collare, quindi, è sollecitata a trazione.

Per l'unione sollecitata a trazione si effettua una verifica di resistenza allo stato limite ultimo, corrispondente al collasso dell'unione, ed allo stato limite di servizio che limita la possibilità di decompressione dell'unione con conseguente distacco delle 2 piastre imbullonate, che si vuole non avvenga per evitare infiltrazioni di umidità nella zona di contatto tra i 2 pezzi imbullonati.

Le ipotesi iniziali di calcolo sono:

le piastre sono in acciaio con resistenza caratteristica di snervamento $f_{k,y} \geq 275 \text{ N/mm}^2$ e quindi con resistenza di calcolo data da $f_d = f_{k,y} / \gamma_m = 275 \text{ N/mm}^2$ in quanto γ_m si assume uguale a 1

bulloni e le viti si considerano di classe 8.8 e di conseguenza

valori convenzionali di resistenza da utilizzare nei calcoli $f_{k,N} = 550 \text{ N/mm}^2 = 55 \text{ Kg/mm}^2$

Ares = 581 mm² da utilizzare nei calcoli in quanto la vite è a tutto filetto per diametri 30 mm

il serraggio del bullone avviene in maniera controllata tramite una chiave dinamometrica con applicazione di un momento torcente prefissato che risulta essere per il bullone di diametro

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

30 di classe 8.8 uguale a $T_s = 155 \text{ Kgm}$ corrispondenti ad uno sforzo ad un'azione assiale nel gambo

$$N_s = 0.80 \cdot f_{k,N} \cdot A_{res} = 256 \text{ kN} = 25600 \text{ Kg}$$

Lo sforzo di trazione massimo (individuato per il palo n. 543 nella TAVOLA 14 uguale a $4539/2 = 2269.5$ in quanto in ogni collare si hanno almeno 2 unioni bullonate) dell'unione bullonata è data da

$$F_s = 1970 \text{ Kg}$$

La verifica dello stato di servizio può essere trascurata in quanto nell'unione bullonata non interessa che le piastre siano aderenti le une sulle altre.

La verifica dello stato limite ultimo può essere posta nella forma

$$F_s \leq N_{d,o} \quad \text{dove}$$

F_s sollecitazione di trazione dell'unione bullonata

$N_{d,o}$ resistenza di progetto dell'unione bullonata soggetta a trazione semplice con

$$N_{d,o} = f_{k,N} \cdot A_{res} / g_N \quad \text{dove}$$

g_N è un coefficiente di sicurezza che può assumere i valori 1,25 per bulloni ad alta resistenza messi in opera con serraggio controllato, 1.33 per bulloni ad alta resistenza messi in opera senza serraggio controllato, 1.00 per bulloni normali messi in opera con serraggio controllato e facendo parte di unioni in cui si possa escludere flessioni parassite

Date le ipotesi iniziali si considera $g_N = 1.25$ ottenendo

$$N_{d,o} = 256 \text{ kN} = 25600 \text{ Kg, quindi}$$

$2269.5 \ll 25600 \text{ Kg}$ verifica ampiamente soddisfatta.

Nel modello di calcolo considerato si ipotizza che il collare più basso sia sollecitato anche da uno sforzo di taglio dovuto alle seguenti sollecitazioni verticali:

peso del palo e peso proprio collari e della mensola (il massimo è per il palo 526 M30B posto uguale a 657 kg);

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

peso della linea trasmesso dalla rete di sospensione al palo tramite la mensola (per il palo 526 è uguale a 257 Kg vedi TAVOLA 20) per uno sforzo totale di taglio massimo sul collare di:

$T_s = 914 \text{ Kg}$ che si divide in due su ciascuna unione bullonata

$T_{s,1} = T_{s,2} = 457 \text{ Kg}$

L'unione bullonata che collega i 2 pezzi del collare, quindi, è sollecitata a taglio.

Per l'unione sollecitata a trazione si effettua una verifica di resistenza allo stato limite ultimo, corrispondente al collasso dell'unione che può avvenire nel caso considerato per:

- Rottura per taglio del bullone (caso a));
- Rottura per rifollamento della lamiera (caso b));
- Rottura per taglio della lamiera (caso c));
- Rottura per trazione della lamiera (caso d)).

La verifica allo stato limite di servizio per il collare sollecitato a taglio viene trascurata in quanto le piastre a contatto sono sollecitate tutte nello stesso verso e quindi si ritiene improbabile uno scorrimento reciproco tra le stesse.

I valori della resistenza che vengono indicati nel calcolo di verifica dello stato limite ultimo devono considerarsi solo valori di resistenza convenzionali per i quali l'esperienza costruttiva e l'evidenza sperimentale hanno mostrato un corretto funzionamento delle unioni bullonate.

La resistenza di progetto a taglio del bullone è data da:

$$F_{d,v} = 0.70 \cdot f_{k,N} / g_V \quad \text{dove}$$

$f_{k,N}$ è il valore convenzionale di resistenza caratteristica dell'acciaio di vite e bullone

g_V è un coefficiente di sicurezza che si può considerare uguale ad 1

dalla formula sopra vista, essendo la vite a tutto filetto si ottiene una resistenza massima di progetto

$$V_{d,o} = 0.70 \cdot f_{k,N} \cdot A_{res} = 223,68 \text{ KN} = 22.368 \text{ Kg}$$

$T_{s,1} = T_{s,2} = 1146 \text{ Kg}$ è la sollecitazione di taglio

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

285 << 22368 Kg verifica ampiamente soddisfatta.

Dato il basso valore delle sollecitazioni in gioco (come dimostrato per questa prima verifica a taglio del bullone) le altre verifiche nei confronti del rifollamento, taglio della lamiera e rottura a trazione della lamiera si omettono.

3.7.2.3 Verifiche ancoraggi a muro collari

Nel modello di calcolo considerato si ipotizza che almeno un collare sia sollecitato da uno sforzo di trazione e di conseguenza i due ancoraggi a muro cui il collare è collegato sono sottoposti ad uno sforzo di trazione.

Le ipotesi iniziali di calcolo sono:

gli ancoraggio sono fatti con barre filettata del diametro di 30 mm in acciaio inox A2-70 corrispondenti dal punto di vista delle caratteristiche di resistenza ad acciaio di classe 10.8, ma considerati nel calcolo di verifica come fatti di acciaio classe 8.8 (ipotesi a favore della sicurezza).

bulloni di diametro 30 mm di classe 8.8 e di conseguenza

valori convenzionali di resistenza da utilizzare nei calcoli $f_k, N = 550 \text{ N/mm}^2 = 55 \text{ Kg/mm}^2$

Ares = 581 mm² da utilizzare nei calcoli in quanto la vite è a tutto filetto

il serraggio del bullone avviene in maniera controllata tramite una chiave dinamometrica con applicazione di un momento torcente prefissato che risulta essere per il bullone di diametro 30 di classe 8.8 uguale a $T_s = 40 \text{ Kgm}$

ancoraggio su muro in calcestruzzo compresso tipo C20/25 non fessurato

introduzione di un ulteriore coefficiente di sicurezza uguale a 2 per i due ancoraggi su muratura in pietra

ancoraggio eseguiti con ancorante chimico ad iniezione per fissaggi strutturali tipo fisher FIS V 360 S realizzato a regola d'arte seguendo le indicazioni di messa in opera riportate sulla schede tecniche del prodotto

Lo sforzo massimo di trazione dell'unione bullonata (palo 543 vedi TAVOLA 14) è data da

$$F_s = 4539 / 2 = 2269.5 \text{ Kg}$$

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

I fori di ancoraggio sollecitati dagli stessi sforzi sono distanziati in modo tale da superare l'interasse minimo richiesto tra 2 ancoraggi.

Dalle schede tecniche del materiale risultano essere indicati e certificati dei carichi ammissibili uguali a:

$Nu = 56.5 \text{ KN} = 5650 \text{ kg}$ a trazione da cui

2269.5 < 5650 Kg la verifica è soddisfatta.

Nel caso di ancoraggi su muro di pietra lo sforzo massimo a trazione risulta (palo 41 e 526 vedi TAVOLA 13)

$F_s = 2794 / 2 = 1897 \text{ Kg}$

$Nu = 56.5 \text{ KN} = 5650 \text{ kg}$ a trazione da cui introducendo il coefficiente di sicurezza aggiuntivo

$Nu / 2 = 5650 / 2 = 2825 \text{ kg}$ da cui

1897 < 2825 Kg la verifica è soddisfatta.

Nel modello di calcolo considerato si ipotizza che almeno un collare sia sollecitato da uno sforzo di taglio di conseguenza i due ancoraggi a muro cui il collare è collegato sono sottoposti ad uno sforzo di taglio.

Le ipotesi iniziali di calcolo sono analoghe a quelle indicate per il collare precedente eccettuato per lo sforzo di taglio su ciascun tirafondo, il cui valore massimo risulta essere (su palo 526 con mensola vedi paragrafo precedente e TAVOLA 13):

$T_{s,1} = T_{s,2} = 914 / 2 = 457 \text{ Kg}$ è la sollecitazione di taglio

I fori di ancoraggio sollecitati dagli stessi sforzi sono distanziati in modo tale da superare l'interasse minimo richiesto tra 2 ancoraggi.

Dalle schede tecniche del materiale risultano essere indicati e certificati dei carichi ammissibili uguali a:

$V_u = 70.0 \text{ KN} = 7000 \text{ kg}$ a trazione da cui tenendo conto del coefficiente di sicurezza aggiuntivo uguale a 2

$V_u = 70.0 \text{ KN} = 7000 / 2 = 3500 \text{ kg}$

457 < 7000 Kg la verifica è ampiamente soddisfatta.

Intervento per la realizzazione di nuove linee filoviarie e estensione di linee esistenti per il potenziamento del servizio nel Comune della SPEZIA, in attuazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (C.U.P.: G47C20000100001)

1.2.a – FILOVIA (C.U.P.:D47J18000290001)

Data l'ampio margine esistente tra sollecitazioni e sforzi ammissibili di trazione e taglio si omette la verifica dei carichi combinati ritenendola ampiamente soddisfatta.

4 Elaborati grafici

Negli elaborati grafici di progetto, sono indicati la posizione dei pali e dei ganci di sostegno della linea aerea ed i tiranti necessari per sostenere il carico da un punto di vista statico.

In fase realizzativa sono, tuttavia, installati altri tiranti, non strettamente indispensabili a garantire la statica del sistema ma aventi funzione di "sicurezza", e cioè destinati ad impedire che la linea aerea cada nel caso di rottura accidentale di un tirante di carico.

Occorre, inoltre, precisare che la posizione dei ganci e dei pali, indicata negli elaborati grafici, potrebbe subire lievi modifiche qualora, in fase realizzativa, si rilevasse la presenza di manufatti che impediscono la messa in opera dell'elemento progettuale (ad esempio linee elettriche, tubazioni, finestre, ecc.); nel caso, tuttavia, le modifiche influenzino in modo significativo le sollecitazioni indotte sui sostegni si procederà ad una revisione completa della parte di progetto interessata dalle modifiche e dei relativi calcoli.