

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA VIADOTTI

VI01 - VIADOTTO SUL CERVARO DA 41+114.64 A 41.428.29

Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica

| APPALTATORE | DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE | PROGETTISTA |
|--|--|---------------------|
| Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 08/02/2022 | Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani | Ing. A. Miazzon |

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. SCALA:

| | | | | | | | | |
|------|----|---|----|----|--------|-----|---|---|
| IF3A | 02 | E | ZZ | RH | VI0000 | 001 | B | - |
|------|----|---|----|----|--------|-----|---|---|

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------------------------|--------------|------------|------------|------------|-----------|------------|---|
| A | C 08.00 – Emissione 180gg | M Ingegneria | 08/02/2022 | L. Rampin | 08/02/2022 | L. Rampin | 08/02/2022 | Ing. A. Miazzon 08/02/2022 |
| B | C 08.01 - A valle del contraddittorio | M Ingegneria | 24/06/2022 | L. Rampin | 24/06/2022 | L. Rampin | 24/06/2022 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI | ITINERARIO NAPOLI – BARI | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | COMMESSA IF3A | LOTTO 02 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO VI0000 001 | REV. B | FOGLIO 2 di 30 |

Indice

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 2 | ELABORATI DI RIFERIMENTO | 5 |
| 2.1 | NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO | 5 |
| 2.2 | MATERIALI | 6 |
| 2.3 | ELABORATI DI PROGETTO | 6 |
| 2.3.1 | GEOTECNICA | 6 |
| 2.3.2 | STUDI IDRAULICI..... | 6 |
| 2.3.3 | ELABORATI GENERALI | 6 |
| 2.3.4 | IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACC.-CLS SPA-P1 L=33,65 LATO MONTE CAMPATA 1 | 7 |
| 2.3.5 | IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACC.-CLS SPA-P1 L=33,65 LATO VALLE CAMPATA 1 | 7 |
| 2.3.6 | IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACC.-CLS P1-P2 L=60,00M LATO MONTE CAMPATA 2..... | 7 |
| 2.3.7 | IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACC.-CLS P1-P2 L=60,00M LATO VALLE CAMPATA 2..... | 7 |
| 2.3.8 | IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACC.-CLS P2-P3 L=60,00M CAMPATA 3 | 8 |
| 2.3.9 | IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACC.-CLS P3-P4 L=40,00M CAMPATA 4 | 8 |
| 2.3.10 | IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACC.-CLS P3-P4 L=40,00M CAMPATA 5 | 8 |
| 2.3.11 | IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACC.-CLS P5-P6 L=40,00M CAMPATA 6 | 8 |
| 2.3.12 | IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACC.-CLS P6-SPB L=40,00M CAMPATA 7 | 8 |
| 2.3.13 | SOTTOSTRUTTURE | 8 |
| 3 | CARRELLI MOBILI PER L'ISPEZIONE E LA MANUTENZIONE ESTERNA | 11 |
| 3.1 | PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO | 12 |
| 3.2 | CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA..... | 13 |
| 3.3 | CAPACITÀ DI CARICO E PRESTAZIONI..... | 14 |
| 3.4 | ALIMENTAZIONE DEL MOVIMENTO PER IL CARRELLO | 14 |
| 3.5 | TRASLAZIONE LUNGO LA CAMPATA DEL CARRELLO | 14 |
| 3.6 | APERTURA E CHIUSURA PONTE INFERIORE | 15 |
| 3.7 | REGOLAZIONE IN ALTEZZA DEL PONTE INFERIORE: | 15 |
| 3.8 | DISPOSITIVI SUPPLEMENTARI E DI SICUREZZA | 16 |
| 3.9 | VANTAGGI PER LE OPERAZIONI DI MANUTENZIONE..... | 16 |
| 4 | SISTEMI DI ISPEZIONE DA REMOTO..... | 17 |
| 4.1 | VIDEO ISPEZIONE DELL'ESTERNO CASSONI | 17 |
| 4.1.1 | INTRODUZIONE | 17 |
| 4.1.2 | SOLUZIONE COSTRUTTIVA | 18 |
| 4.1.3 | DETTAGLIO DEL FUNZIONAMENTO OPERATIVO | 18 |
| 4.2 | ISPEZIONE DA REMOTO INTERNO STRUTTURA | 19 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|------|---------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|---------|
| APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">VI0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">3 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 3 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 3 di 30 | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.2.1 | INTRODUZIONE | 19 |
| 4.2.2 | SOLUZIONE COSTRUTTIVA | 20 |
| 4.2.3 | TELECAMERE PER RIPRESE INTERNE ED ESTERNE AI CASSONI | 21 |
| 4.2.4 | RACCOLTA E TRASFERIMENTO DELLE IMMAGINI | 22 |
| 4.2.5 | VANTAGGI DELLA SOLUZIONE PROPOSTA | 22 |
| 5 | STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO..... | 23 |
| 5.1 | STRUMENTAZIONE DEI VIADOTTI | 23 |
| 5.1.1 | INCLINOMETRI BIASSIALI CON TECNOLOGIA MEMS..... | 23 |
| 5.1.2 | ACCELEROMETRI TRIASSIALI CON TECNOLOGIA MEMS | 23 |
| 5.1.3 | ESTENSIMETRI FBG A FIBRA OTTICA..... | 23 |
| 5.1.4 | SENSORI DI TENSIONE LOCALE..... | 24 |
| 5.1.5 | CELLE DI CARICO | 24 |
| 5.1.6 | DISTANZIOMETRI | 25 |
| 5.1.7 | FOTOCAMERE | 25 |
| 5.2 | DISPOSIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO LUNGO IL VIADOTTO..... | 25 |
| 5.3 | IL SISTEMA DI TRASMISSIONE DATI | 28 |
| 5.4 | LA GESTIONE DEI DATI | 28 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|------|---------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|---------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">VI0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">4 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 4 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 4 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1 PREMESSA

Nell'ambito della redazione del Progetto Esecutivo della tratta Apice - Orsara del Lotto 2 Hirpinia-Orsara - potenziamento della linea ferroviaria Napoli – Bari, il presente documento denominato “**Relazione descrittiva**” riporta una descrizione relativa a:

- strutture di carpenteria metallica atte all’ispezionabilità degli implacati a sezione mista acciaio-clc.
- sistemi di ispezione visiva da remoto a sezione mista acciaio-clc.
- sistemi di monitoraggio strutturale e controllo da remoto degli impalcati.

Per l’illustrazione delle caratteristiche principali del viadotto si rimanda alla relazione tecnico descrittiva generale IF3A02EZZRGVI0000001A

Le attrezzature speciali ed i sistemi di seguito descritti e predisposti nella attuale fase di progettazione sono stati sviluppati in conformità alla Offerta di Gara presentata del Consorzio Hirpinia-Orsara AV.

Le attrezzature ed i sistemi descritti in questo documento dovranno essere finalizzati nella fase esecutiva di dettaglio, tenendo conto delle esigenze e modalità di gestione e manutenzione degli impalcati da parte del Committente RFI.

Considerata la peculiarità delle proposte formulate in sede di gara, il presente documento dovrà quindi essere integrato in sede di redazione del Progetto Esecutivo di Dettaglio/As Built, in funzione degli sviluppi progettuali e del confronto tecnico con Italferr/RFI.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|------------|------|---------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|---------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">VI0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">5 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 5 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 5 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in accordo alla normativa vigente:

- Decreto del Ministro delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018 - “Norme tecniche per le costruzioni” (NTC18);
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l’applicazione dello “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. supplemento ordinario alla G. U. n° 42 del 20/2/2018 (nel seguito indicate come CNTC19);
- Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 Gennaio 2008 - “Nuove Norme tecniche per le costruzioni” (NTC08);
- Circolare 2 febbraio 2009 n.617: Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008,. supplemento ordinario n° 27 alla G. U. n° 47 del 26/2/2009 (nel seguito indicate come CNTC09);
- OPCM 20 marzo 2003 n. 3274: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- OPCM 3 maggio 2005 n. 3431: Ulteriori modifiche ed integrazioni dell’ordinanza del Presidente del consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/2003 recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- UNI EN 1990:2006: Criteri generali di progettazione strutturale;
- UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici;
- UNI EN 1991-1-3:2015 Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve;
- UNI EN 1991-1-4:2010 Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento;
- UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche;
- UNI EN 1992-1-1:2015 Parte 1-1: Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1997-1:2013 Parte 1: Regole generali;
- UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI EN 1998-1:2013 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-3:2005 Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici;
- UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- UNI EN 206-1:2016 Parte 1: Calcestruzzo –Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI EN 11104: 2016 Parte 1: Calcestruzzo –Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1;
- Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n.3685 del 21 Ottobre 2003;
- Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture;
- Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale;
- Regolamento della Commissione del 02 maggio 2016 n.2016/919/UE - Regolamento relativo alla Specifica Tecnica di Interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema ferroviario nell'Unione europea.
- Istruzione 44 C: “Visite di controllo ai ponti, alle gallerie e alle altre opere d’arte dell’infrastruttura ferroviaria”

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|------|---------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|---------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>6 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 6 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 6 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- D.P.R. del 05/10/2010 n°207
- D.Lgs del 18/04/2016 n°50
- D.Lgs 09/04/2008 n°81

2.2 MATERIALI

Per tutti i materiali utilizzati per la realizzazione delle fondazioni, spalle, pile e impalcati si farà riferimento all'elaborato: IF3A02EZZTTVI0000001 Tabella Materiali e Note generali per il Viadotto VI01,

2.3 ELABORATI DI PROGETTO

2.3.1 Geotecnica




- IF3A.0.2.E.ZZ.RB.GE.01.0.6.001 Relazione Geotecnica Generale
- IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GE.01.0.6.001 Profilo Geotecnico - Tratta all'aperto lato Bari
- IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GE.01.0.6.002 Profilo Geotecnico - Tratta all'aperto lato Napoli
- IF3A.0.2.E.ZZ.F6.GE.01.0.6.003 Profilo Geotecnico - Tratta all'aperto finestre

2.3.2 Studi idraulici

- IF3A.0.2.E.ZZ.RI.ID.00.0.2.001 Relazione idraulica viadotti - modelli idraulici bidimensionali
- IF3A.0.2.E.ZZ.RI.ID.00.0.2.004 Relazione riguardante la geomorfologia fluviale e fenomeni di flussi detritici del Torrente Cervaro

2.3.3 Elaborati generali

- IF3A.0.2.E.ZZ.RG.VI.00.0.0.001 Relazione Tecnico-Descrittiva delle Opere Civili
- IF3A.0.2.E.ZZ.TT.VI.00.0.0.001 Tabella Materiali e Note generali
- IF3A.0.2.E.ZZ.WZ.VI.00.0.X.001 Piattaforma in corrispondenza di Fire Fighting Point (FFP)
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.00.0.9.001 Schema conci travate e distribuzione dei materiali
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.00.0.001 Pianta soletta in calcestruzzo e sezioni tipiche - Carpenteria
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.00.0.002 Forometria soletta, particolari costruttivi e finiture
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.00.0.9.006 Dettagli di saldatura
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.00.0.9.002 Ritegno sismico trasversale a dispositivo antisollevamento campate 40m e 33m
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.00.0.9.003 Ritegno sismico trasversale a dispositivo antisollevamento campate 60m
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.00.0.9.004.A Ritengni longitudinali campate 40m, 60m, 33m
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.00.0.9.005 Schemi contrefreccia di montaggio

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|------------|------|---------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|---------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>7 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 7 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 7 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.00.0.7.001 Schemi apparecchi di appoggio e giunti
- IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.00.0.9.001 Relazione di calcolo ponte 40m doppio (SPB-P6)
- IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.00.0.9.002 Relazione di calcolo ponte 40m doppio (P4-P3)
- IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.00.0.9.003 Relazione di calcolo ponte 60m doppio (P3-P2)
- IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.00.0.9.004 Relazione di calcolo ponte 60m singolo (P2-P1)
- IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.00.0.9.005 Relazione di calcolo ponte 33m singolo (P1-SPA)
- IF3A.0.2.E.ZZ.RP.VI.00.0.3.001 Relazione sui criteri di calcolo delle fondazioni
- IF3A.0.2.E.ZZ.MI.VI.00.0.0.001 Piano di Manutenzione viadotto
- IF3A.0.2.E.ZZ.RH.VI.00.0.0.001 Sistemi di ispezione visiva e accessibilità per la manutenzione e il monitoraggio degli impalcati - Relazione descrittiva
- IF3A.0.2.E.ZZ.TT.VI.00.0.0.002 Incidenza delle armature nel viadotto

2.3.4 Impalcato a struttura mista acc.-cls SPA-P1 L=33,65 Lato monte Campata 1

- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.001 Prospetto, piante di controvento e sezioni tipiche
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.002 Dettagli di controvento superiore e inferiore
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.003 Sezioni trasversali: diaframma D.P. su pila P1 e spalla SPA
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.004 Sezioni trasversali: diaframmi D1

2.3.5 Impalcato a struttura mista acc.-cls SPA-P1 L=33,65 Lato valle Campata 1

- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.005 Prospetto, piante di controvento e sezioni tipiche
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.006 Dettagli di controvento superiore e inferiore
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.007 Sezioni trasversali: diaframma D.P. su pila P1 e spalla SPA
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.008 Sezioni trasversali: diaframma D1

2.3.6 Impalcato a struttura mista acc.-cls P1-P2 L=60,00m Lato monte Campata 2

- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.009 Prospetto, piante di controvento e sezioni tipiche
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.010 Dettagli di controvento superiore e inferiore
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.011 Sezioni trasversali: diaframma D.P. su pile P1 e P2
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.012 Sezioni trasversali: diaframma D1

2.3.7 Impalcato a struttura mista acc.-cls P1-P2 L=60,00m Lato valle Campata 2

- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.013 Prospetto, piante di controvento e sezioni tipiche
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.014 Dettagli di controvento superiore e inferiore
- IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.015 Sezioni trasversali: diaframma D.P. su pile P1 e P2

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|------|---------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|---------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">VI0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">8 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 8 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 8 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.016 Sezioni trasversali: diaframma D1

2.3.8 Impalcato a struttura mista acc.-cls P2-P3 L=60,00m Campata 3

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.017 Prospetto, piante di controvento e sezioni tipiche

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.018 Dettagli di controvento superiore e inferiore

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.019 Sezioni trasversali: diaframma D.P. su pile P2 e P3

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.020 Sezioni trasversali: diaframmi D1 e D2

2.3.9 Impalcato a struttura mista acc.-cls P3-P4 L=40,00m Campata 4

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.021 Prospetto, piante di controvento e sezioni tipiche

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.022 Dettagli di controvento superiore e inferiore

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.023 Sezioni trasversali: diaframma D.P. su pile P e P4

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.024 Sezioni trasversali: diaframmi D1 e D2

2.3.10 Impalcato a struttura mista acc.-cls P3-P4 L=40,00m Campata 5

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.025 Prospetto, piante di controvento e sezioni tipiche

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.026 Dettagli di controvento superiore e inferiore

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.027 Sezioni trasversali: diaframma D.P. su pile P4 e P5

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.028 Sezioni trasversali: diaframmi D1 e D2

2.3.11 Impalcato a struttura mista acc.-cls P5-P6 L=40,00m Campata 6

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.029 Prospetto, piante di controvento e sezioni tipiche

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.030 Dettagli di controvento superiore e inferiore

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.031 Sezioni trasversali: diaframma D.P. su pile P5 e P6

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.032 Sezioni trasversali: diaframmi D1 e D2

2.3.12 Impalcato a struttura mista acc.-cls P6-SPB L=40,00m Campata 7

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.033 Pianta generale e sezioni principali

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.034 Dettagli di controvento superiore e inferiore

IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.035 Sezioni trasversali: diaframma D.P. su pila P6 e spalla SPB




IF3A.0.2.E.ZZ.BZ.VI.01.0.9.036 Sezioni trasversali: diaframmi D1 e D2

2.3.13 Sottostrutture

IF3A.0.2.E.ZZ.A8.VI.01.0.0.001. Vista di assieme - 3D

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|------|---------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|---------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 10%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">VI0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">9 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 9 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 9 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|--|---|
| IF3A.0.2.E.ZZ.A8.VI.01.0.0.002. IF3A.0.2.E.ZZ.L9.VI.01.0.2.001. IF3A.0.2.E.ZZ.L9.VI.01.0.2.002 IF3A.0.2.E.ZZ.BA.VI.01.0.2.001 IF3A.0.2.E.ZZ.BA.VI.01.0.2.002 IF3A.0.2.E.ZZ.BA.VI.01.0.2.003 IF3A.0.2.E.ZZ.BA.VI.01.0.2.004 IF3A.0.2.E.ZZ.BA.VI.01.0.2.005 IF3A.0.2.E.ZZ.BA.VI.01.0.2.006 IF3A.0.2.E.ZZ.BA.VI.01.0.2.007 IF3A.0.2.E.ZZ.L9.VI.01.0.3.001 IF3A.0.2.E.ZZ.L9.VI.01.0.3.002 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.4.001 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.4.002 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.4.003 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.4.004 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.001 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.002 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.003 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.004 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.005 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.006 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.007 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.008 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.009 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.010 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.011 IF3A.0.2.E.ZZ.BB.VI.01.0.5.012 IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.4.001 IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.5.002 IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.5.003 | Planimetria e profilo longitudinale d'assieme Tracciamento, opere provvisorie e scavi: planimetria e profilo longitudinale tav. 1/2 Tracciamento, opere provvisorie e scavi: planimetria e profilo longitudinale tav. 2/2 Opere provvisorie - Spalla B - Pianta, sezioni e dettagli Opere provvisorie - Pila 1 - Pianta, sezioni e dettagli Opere provvisorie - Pila 2 - Pianta, sezioni e dettagli Opere provvisorie - Pila 3 - Pianta, sezioni e dettagli Opere provvisorie - Pila 4 - Pianta, sezioni e dettagli Opere provvisorie - Pila 5 - Pianta, sezioni e dettagli Opere provvisorie - Pila 6 - Pianta, sezioni e dettagli Tracciamento opere di fondazione - Planimetria e profilo longitudinale tav.1/2 Tracciamento opere di fondazione - Planimetria e profilo longitudinale tav.2/2 Carpenteria spalla A - Pianta Carpenteria spalla A - Sezioni Carpenteria spalla B - Pianta Carpenteria spalla B - Sezioni Carpenteria pila P1 - Pianta Carpenteria pila P1 - Sezioni Carpenteria pila P2 - Pianta Carpenteria pila P2 - Sezioni Carpenteria pila P3 - Pianta Carpenteria pila P3 - Sezioni Carpenteria pila P4 - Pianta Carpenteria pila P4 - Sezioni Carpenteria pila P5 - Pianta Carpenteria pila P5 - Sezioni Carpenteria pila P6 - Pianta Carpenteria pila P6 - Sezioni Spalla A: Relazione di calcolo strutture in elevazione Pile P1,P2,P3: Relazione di calcolo strutture in elevazione Pile P4, P5, P6 Relazione di calcolo strutture in elevazione |
|--|---|

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|------|----------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>10 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 10 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 10 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |


IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.4.002 Spalla B: Relazione di calcolo strutture in elevazione

IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.3.001 Relazione di calcolo fondazioni spalla A e spalla B

IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.3.002 Relazione di calcolo fondazioni pile P1, P2, P3

IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.3.003 Relazione di calcolo fondazioni pile P4, P5, P6

IF3A.0.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.2.000 Relazione di calcolo opere provvisionali per pile e spalle

| | | | | | | |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | COMMESSA IF3A | LOTTO 02 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO VI0000 001 | REV. B | FOGLIO 11 di 30 |

3 CARRELLI MOBILI PER L'ISPEZIONE E LA MANUTENZIONE ESTERNA

In accordo con quanto previsto nel progetto di Offerta, al fine di fornire un sistema che consenta una completa ispezionabilità di tutte le parti del viadotto in struttura mista acciaio calcestruzzo e garantisca nelle fasi di manutenzione una comoda accessibilità a tutte le componenti da mantenere, riducendo al minimo indispensabile le eventuali soggezioni all'esercizio ferroviario, le campate di tutto il viadotto sono equipaggiate con carrelli mobili per l'ispezione e la manutenzione delle parti esterne.

Il sistema di carrelli mobili di ispezione previsti nell'offerta tecnica consente di raggiungere le strutture esterne dell'impalcato - compresa la sommità delle pile - per le operazioni di ispezione degli appoggi - scorrendo lungo le campate del viadotto senza la necessità di approntare attrezzature particolari e senza vincoli di soggezione all'esercizio ferroviario.

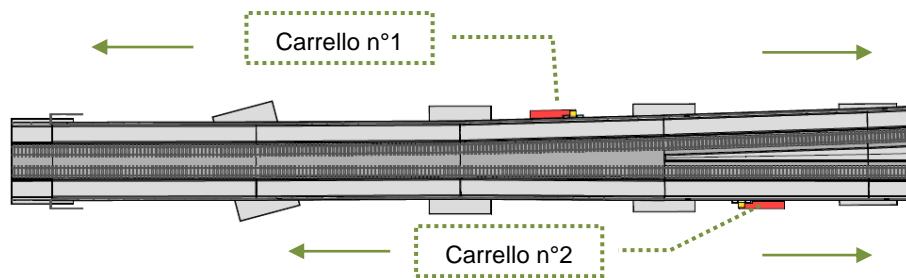


Figura 3.1. Inquadratura planimetrica del viadotto Cervaro con indicazione dei 4 carrelli mobili di ispezione (Pianta 1/2).

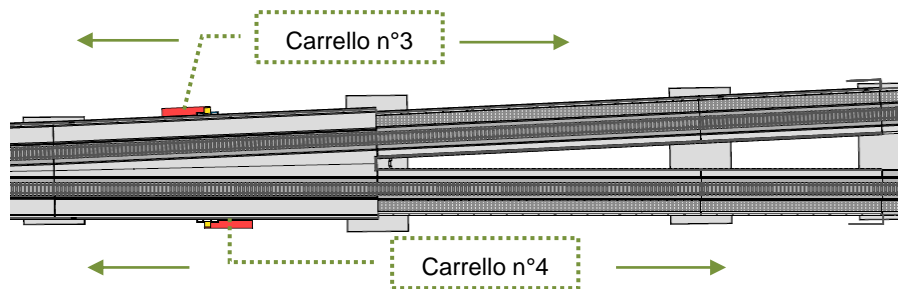


Figura 3.2. Inquadratura planimetrica del viadotto Cervaro con indicazione dei 4 carrelli mobili di ispezione (Pianta 2/2).

Data la particolarità del viadotto, e allo scopo di assicurare la massima efficienza operativa in ogni circostanza, saranno installati 4 carrelli mobili indipendenti, due in corrispondenza del binario sinistro e due sul binario destro; per ciascun binario, i carrelli possono operare sull'intera lunghezza del ponte o suddividersi il campo operativo, in funzione delle necessità, consentendo in tal modo grande facilità e rapidità di intervento in ogni punto della struttura ed in più punti contemporaneamente.

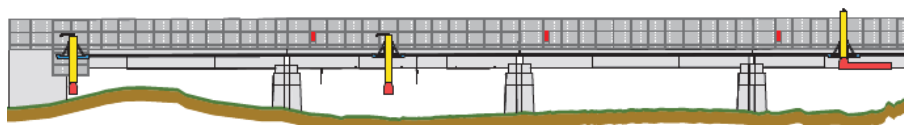


Figura 3.3. Sezione longitudinale 1/2: posizioni di lavoro di ogni singolo carrello mobile sull'intero sviluppo dell'impalcato.


| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|------------|------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>12 di 30</td> </tr> </table> | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 12 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 12 di 30 | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Figura 3.4. Sezione longitudinale 2/2: posizioni di lavoro di ogni singolo carrello mobile sull'intero sviluppo dell'impalcato.

I carrelli verranno installati durante la fase di costruzione dell'opera e resteranno a disposizione di RFI per effettuare le operazioni di ispezione e manutenzione.

I carrelli rispettano la normativa applicabile sia per quanto riguarda la sicurezza dei lavoratori che per quanto riguarda la direttiva macchine (per la marcatura CE).

Il carrello è dotato di piani di lavoro adeguati per consentire il raggiungimento della intera superficie esterna della travata. Scale a rampa sono disposte per il raggiungimento dei ponti di lavoro, scale a pioli sono disposte per il raggiungimento di ballatoi di manovra.

È possibile lo sbarco sia a piano testa pila, sia a piano marciapiede di emergenza (tramite opportune porte predisposte nelle barriere acustiche) a livello della via di corsa ferroviaria.


Lungo il carrello, in modo conveniente, sono collocati fari di illuminazione, sia di servizio al carrello stesso sia per la migliore visione delle superficie della travata, e prese di FEM per l'impiego di utensili elettrici di corrente utilizzo per le manutenzioni.

3.1 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Il carrello mobile che scorre lungo le campate metalliche del viadotto consente di raggiungere la totalità delle strutture esterne dell'opera senza la necessità di approntare attrezzature particolari e senza causare soggezione all'esercizio ferroviario. Tale carrello verrà installato durante la fase di costruzione dell'opera e resterà sempre a disposizione di RFI per effettuare le operazioni di ispezione e manutenzione delle porzioni di viadotti realizzati in struttura mista acciaio calcestruzzo.



Figura 3.5. Vista del carrello mobile

| | | | | | | | |
|---|--|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | | ITINERARIO NAPOLI – BARI | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | | RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | COMMESSA IF3A | LOTTO 02 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO VI0000 001 | REV. B | FOGLIO 13 di 30 |

Il carrello abbraccia per i tre lati esterni l'impalcato a struttura mista acciaio-calcestruzzo, consentendone la completa ispezione e manutenzione sia del fondo che delle anime esterne delle travate per l'intera lunghezza del ponte, essendo scorrevole su idonee travi di scorrimento (vie di corsa) applicate alle travi metalliche.

Il carrello presenta le seguenti caratteristiche

- il ponte orizzontale inferiore è regolabile in altezza per circa 1500 mm di complessiva escursione, in relazione alla necessità di ispezionare sia le campate da 40 m di luce quelle da 60 m;
- il ponte inferiore è apribile al centro per poter superare, in traslazione, l'ostacolo costituito dalle pile intermedie del ponte. Le travi di scorrimento sono collegate alla struttura della travata del ponte tramite mensole a doppio T bullonate all'anima del cassone in asse alle nervature di rinforzo.

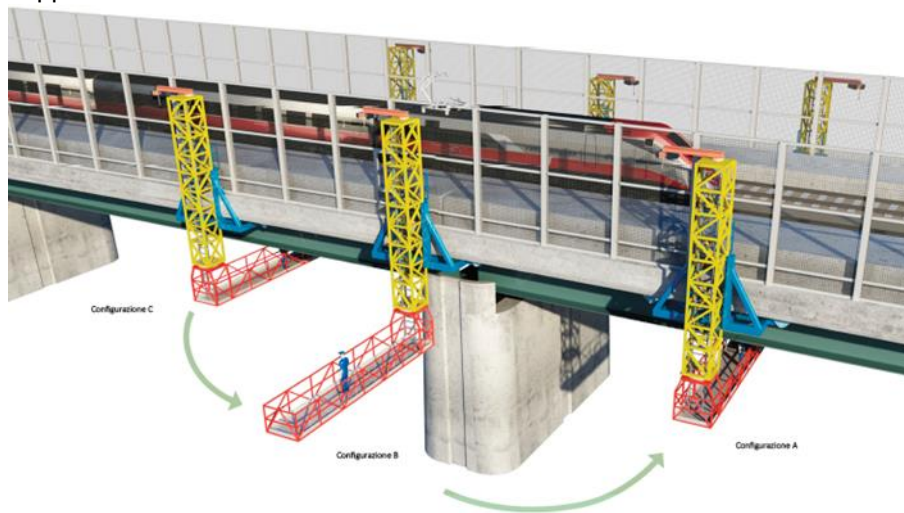


Figura 3.6. Schema funzionamento apertura/chiusura carrello in corrispondenza pile

3.2 CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA

Il carrello mobile è costituito da un telaio metallico reticolare, a geometria variabile, scorrevole su guide applicate alle anime esterne delle travi di impalcato ed è composto da:

una parte principale in acciaio inossidabile, a struttura saldata composta da aste tubolari, dotata delle ruote verticali di traslazione e di quelle di guida orizzontale;

una parte scorrevole verticalmente, per la regolazione in altezza del piano di lavoro, realizzata come la precedente;

un ponte reticolare, apribile al centro e scorrevole orizzontalmente, tale da permettere il superamento delle pile, realizzato in lega di alluminio 6063 per composizione saldata di profili cavi estrusi.

Per forma e materiali impiegati il carrello raggiunge prestazioni importanti di robustezza e rigidità (le deformazioni elastiche sotto carico sono limitate al fine di garantire regolare funzionamento dinamico e sicurezza e comfort per gli utilizzatori) grazie ad una accurata forma strutturale e contemporaneamente una leggerezza di insieme in virtù dell'impiego di acciaio inossidabile per le parti più sollecitate e di lega di alluminio 6063 per i ponti mobili e tutti i piani di calpestio.

La consistente riduzione di peso determinata dall'impiego di lega leggera produce benefici effetti sia dal punto di vista meccanico, determinando minori sollecitazioni per gli organi in movimento, sia per quanto riguarda le sollecitazioni indotte alla travata del ponte. Inoltre, alcune manovre possono essere eseguite manualmente grazie alla modesta entità delle masse in gioco.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|------------|------|----------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>14 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 14 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 14 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.3 CAPACITÀ DI CARICO E PRESTAZIONI

Il carrello è progettato per consentire le normali operazioni di ispezione e manutenzione. Il ponte principale può accogliere 4 persone e 100 kg di attrezzatura. Il carrello complessivamente può trasportare 8 persone.

Due piani di intervento specifici, disposti uno per ciascuno dei lati, possono sopportare un peso di 500 kg cadauno a disposizione per attrezzatura; i ballatoi di manovra possono sopportare il peso di 2 persone. La velocità di traslazione è regolabile nel campo compreso tra 0÷15 m/min (0÷0,25 m/s), con una velocità massima del vento in esercizio pari 10 m/s.

Si rimanda agli elaborati specifici di progetto per la descrizione di dettaglio della struttura.

3.4 ALIMENTAZIONE DEL MOVIMENTO PER IL CARRELLO

Il carrello è dotato di due generatori di corrente, disposti uno per ciascuno dei due moduli portanti principali così da potere disporre di autonoma energia elettrica per la traslazione e per i servizi descritti (illuminazione e FEM). La potenza di ciascun generatore è ampiamente sufficiente a fornire FEM per la traslazione dell'intera passerella. L'impianto elettrico, suddiviso per le due semi passerelle, è collegabile a ponte in modo semplice e rapido in caso si debba sopperire ad avaria di uno dei due generatori.


I generatori sono dotati di motore a scoppio ciclo otto, a basso impatto ambientale, e l'avviamento del motore avviene con batteria Li-Ion facilmente asportabile e ricollocabile, così da potere essere conservata in presidio e – ancorché a bassissima scarica – mantenuta efficiente durante gli intervalli di utilizzo del carrello. La potenza di ciascun generatore è pari a 10 kW, l'assorbimento massimo complessivo previsto durante la traslazione è pari a 2kW. La traslazione del carrello avviene su ruote in acciaio inossidabile con fascia di rotolamento rivestita in polietilene per il massimo comfort, montate su cuscinetti volventi esenti da manutenzione e a bassissimo attrito.

Il comando della traslazione avviene tramite motoriduttori epicicloidali, autofrenanti, sovradimensionati a limitata manutenzione (per gli ordinari impieghi i componenti sono esenti da manutenzione). In caso di avaria simultanea ad entrambi i generatori di corrente è previsto lo sblocco freni e l'azionamento di traslazione manuale.

3.5 TRASLAZIONE LUNGO LA CAMPATA DEL CARRELLO

Il carrello può traslare a velocità variabile tramite inverter di comando, di tipo vettoriale montato sul motore; il pulpito di comando è doppio, uno per ciascuno dei lati, con commutazione vincolata a chiave unica dal lato master (ridefinibile) con traslazione a ponte chiuso possibile solo da uno dei lati. Tramite pulsantiera collegabile a cavo, è possibile il comando da remoto del carrello per agevolare le operazioni di manutenzione ed ispezione. L'azionamento della traslazione avviene esclusivamente con operatore presente, tramite joystick proporzionale per la regolazione della velocità in continuo; pulsanti di arresto di emergenza sono collocati, secondo normativa, nelle idonee posizioni.

Le rampe di accelerazione e decelerazione sono programmabili intervenendo su inverter, entro il campo ammesso da normativa; è possibile una ulteriore limitazione della velocità non modificabile senza apposita procedura e chiave hardware; nel movimento di traslazione le travi di scorrimento sono dotate di doppio microinterruttore – in sequenza – che arresta la traslazione a conveniente distanza dalle pile per l'esecuzione della manovra di apertura/chiusura del ponte inferiore; allarme visivo e sonoro precede l'intervento del primo micro interruttore, nel caso si superi il primo e si raggiunga il secondo micro, questo è a riarmo manuale al fine di segnalare l'anomalo funzionamento.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>15 di 30</td> </tr> </table> | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 15 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 15 di 30 | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | |

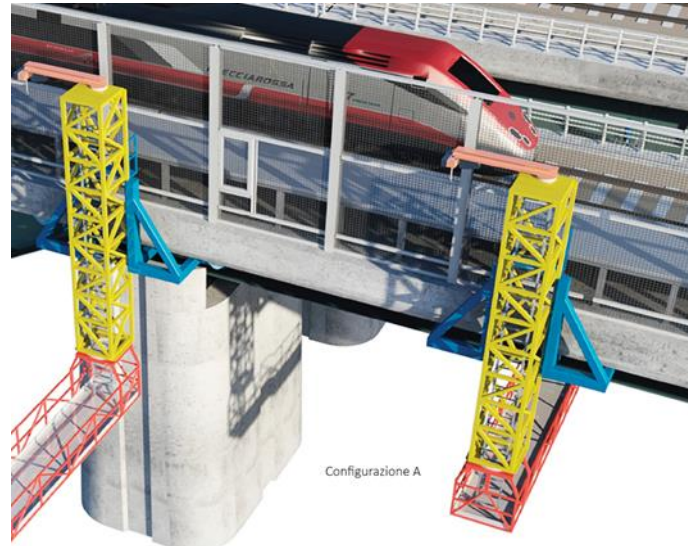


Figura 3.7. Vista del carrello durante la manovra di passaggio della pila

3.6 APERTURA E CHIUSURA PONTE INFERIORE

L'operazione di apertura del ponte inferiore è necessaria per il superamento delle pile intermedie, l'operazione può avvenire esclusivamente con blocco della motorizzazione; i blocchi elettromeccanici rimangono efficaci sino a disattivazione della FEM e inserimento dei cancelli di chiusura del ponte e rimozione dei perni di connessione strutturale da posizione sicura; il ponte inferiore è costruito nella configurazione a cantilever, quindi lo scollegamento delle due parti avviene senza forzamento e senza modifica geometrica (il ponte funziona come elemento continuo solo per sopportare i carichi accidentali).

La traslazione del ponte (apertura) avviene per azione manuale da posizione sicura senza personale sul ponte medesimo, tramite comando a catena (integralmente in acciaio inox); lo sforzo su manovella è dell'ordine di alcune decine di N (nel rispetto della ISO/TR 12295 Ergonomia — Documento per l'applicazione delle norme ISO alla movimentazione manuale di carichi (ISO 11228-1, ISO 11228-2 e ISO 11228-3) e la valutazione delle posture di lavoro statiche (ISO 11226)). Al raggiungimento del fermo di apertura per entrambe le due semi-metà si inseriscono perni di bloccaggio dotati di microinterruttore che segnala la disponibilità alla traslazione.

Superata la pila, che avviene con azionamento elettromeccanico indipendente per le due semi-passerelle; si raggiunge la posizione di riallineamento, dotata di sistema automatico di allineamento di precisione (l'operatore deve semplicemente raggiungere approssimativamente la posizione desiderata segnalata da avviso acustico e luminoso, dopodiché l'allineamento delle due semi-metà del carrello avviene con operazione quasi statica automatica); vengono quindi ripetute in sequenza inversa le fasi descritte e il carrello diviene nuovamente monolitico.

3.7 REGOLAZIONE IN ALTEZZA DEL PONTE INFERIORE:

L'operazione di regolazione del ponte inferiore si rende necessaria al fine di poter raggiungere per la manutenzione il fondo del cassone delle campate da 40 metri che presentano un dislivello pari a circa 1.500 mm rispetto alle campate da 60 metri.

L'operazione di regolazione in altezza del ponte inferiore avviene per azionamento manuale da eseguire simultaneamente da ambo i lati del carrello; l'operazione ha blocchi elettromeccanici di interdizione che impongono sia il raggiungimento di una posizione idonea per eseguire la manovra sia il blocco della motorizzazione, con chiusura del freno di stazionamento dei motori; si deve quindi disattivare la chiave di azionamento impianto, e si possono quindi aprire i fermi meccanici con il ponte ancora bloccato dal dispositivo di paracadute inerziale.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|------|----------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 20%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>16 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 16 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 16 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Il ponte deve essere libero da personale ed attrezzatura; l'azione manuale del sollevamento/abbassamento avviene per rotazione di volantino/manovella che libera contemporaneamente il paracadute, la posizione di azionamento è da ballatoio protetto, in condizioni di sicurezza sulla parte fissa del carrello. La forza da esercitare rientra ampiamente nelle normative applicabili (nel rispetto della ISO/TR 12295 Ergonomia — Documento per l'applicazione delle norme ISO alla movimentazione manuale di carichi (ISO 11228-1, ISO 11228-2 e ISO 11228-3) e la valutazione delle posture di lavoro statiche (ISO 11226)) in quanto il peso del ponte è bilanciato in fase di costruzione tramite coppia di contrappesi (e rinvio a catena (inox)), con tolleranza $\pm 1\%$ del peso ponte. Al raggiungimento della posizione desiderata (superiore od inferiore) si inseriscono i blocchi meccanici e si ripetono le operazioni in ordine inverso. Un dispositivo elettrico/ottico anticollisione impone comunque l'arresto del carrello ove accidentalmente vengano superati gli arresti del normale funzionamento; essendo la velocità di traslazione molto limitata anche superato il primo arresto vi sono ampi margini per l'affidabile funzionamento del secondo arresto.

3.8 DISPOSITIVI SUPPLEMENTARI E DI SICUREZZA

In corrispondenza degli impalcati acciaio calcestruzzo verrà installato un anemometro a segnalazione acustica luminosa a più soglie che indica il superamento della velocità dell'aria per un utilizzo affidabile del carrello. Sul carrello mobile si prevede l'installazione di doppio anemometro che impone azionamento manuale per la partenza dal parcheggio; in questo caso sono chiusi i freni di stazionamento negativi che agiscono da blocco direttamente sulle travi di scorrimento. Con passerella in movimento l'anemometro a bordo macchina emette segnale di allarme a due stadi di intensità regolabili sulle soglie desiderate, e segnalazione luminosa (verde velocità di servizio, gialla e rossa rispettivamente in relazione alle soglie definite).


Il carrello sarà dotato di freni di stazionamento negativo di tipo elettroidraulico + molla (sono chiusi con mancanza di corrente); si possono aprire solamente a condizione che sia presente corrente di alimentazione e siano rispettate le condizioni di esercizio corrette; agiscono indipendentemente dalla motorizzazione sulle travi di scorrimento attraverso ganasce che assicurano una forza 5 volte la forza di trascinamento del vento per passerella fuori esercizio. I freni di stazionamento possono essere aperti manualmente solo dopo avere sbloccato un doppio dispositivo di sicurezza, al fine di potere eseguire manovre di emergenza; terminata la manovra un circuito ausiliario dotato di batterie tampone segnala che i freni di emergenza sono aperti.

3.9 VANTAGGI PER LE OPERAZIONI DI MANUTENZIONE

Con l'installazione dell'attrezzatura sopra descritta è garantita l'accessibilità a tutte le parti strutturali esterne di tutti i viadotti a travata metallica. La presenza dei carrelli :

1. elimina i mezzi provvisori per eseguire al 100% l'ispezione delle strutture;
2. tutte le parti esterne delle travate sono manutenibili direttamente dai mezzi di ispezione proposti;
3. non ci sono soggezioni all'esercizio ferroviario che possono eventualmente essere richieste nel solo caso in cui l'addetto alla manutenzione debba intervenire su elementi strutturali direttamente caricati dai mezzi ferroviari oppure a contatto con gli ingombri degli stessi.

Tramite il ponte inferiore del carrello mobile che può essere affiancato alle pile o alle spalle sarà possibile controllare agevolmente lo stato di conservazione ed il corretto posizionamento degli apparecchi di appoggio, nonché eseguire su di essi le operazioni di manutenzione.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|------------|------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">VI0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">17 di 30</td> </tr> </table> | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 17 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 17 di 30 | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4 SISTEMI DI ISPEZIONE DA REMOTO

Per eseguire la completa ispezione da remoto degli impalcati metallici essi sono infine attrezzati con due diversi tipi di robot cartesiano, scorrevoli attraverso apposite guide di scorrimento, al fine di percorrere l'intero asse longitudinale del ponte

L'ispezione visiva remota efficacemente organizzata può avvenire sia per diretto comando, ma anche tramite apposito SW con programma temporale che – sulla base anche dei risultati precedenti – autonomamente può ordinare ai robot di eseguire il controllo visivo dei ponti. Definito quindi un programma temporale di intervento di verifica, un computer dotato di adeguati poteri può inviare i robot ad eseguire l'ispezione, ripetendola se necessario e comunicando tempestivamente l'insorgenza di anomalie.

4.1 VIDEO ISPEZIONE DELL'ESTERNO CASSONI

4.1.1 Introduzione

Il robot cartesiano descritto ha la funzione precipua di consentire l'ispezione da remoto dell'esterno della struttura (a cassone) dell'impalcato, per l'intera lunghezza degli impalcati acciaio calcestruzzo.

Al fine di determinare condizioni di visione più realistiche e accurate, tali da simulare la diretta visione dell'occhio umano, ed inoltre consentire la percorrenza della struttura di progetto, si sono composti robot cartesiani a tre assi, preferiti ai corrispondenti antropomorfi per le ragioni che verranno meglio dettagliate in seguito, scorrevoli tramite le medesime travi – rotaia che permettono la traslazione della piattaforma mobile di ispezione; per ciascun ponte sono previsti due robot disposti lateralmente all'impalcato. Alle travi binario sono aggiunte canaline blindate e protette da spazzola in setola di fibra di carbonio, contenente all'interno i conduttori di alimentazione della CC a 24 V per l'alimentazione dell'intera lunghezza del ponte del robot cartesiano. Non è necessario un isolamento elettrico del robot in quanto l'alimentazione avviene tramite pattini a pantografo in rame al berillio; tali pattini sono dotati di aratro di apertura della protezione della canalina blindata; la superficie dell'aratro è rivestita con materiali anti-frizione ed antiusura. La canalina porta corrente, oltre ai due conduttori di alimentazione conterrà anche speciali conduttori di trasmissione dati.

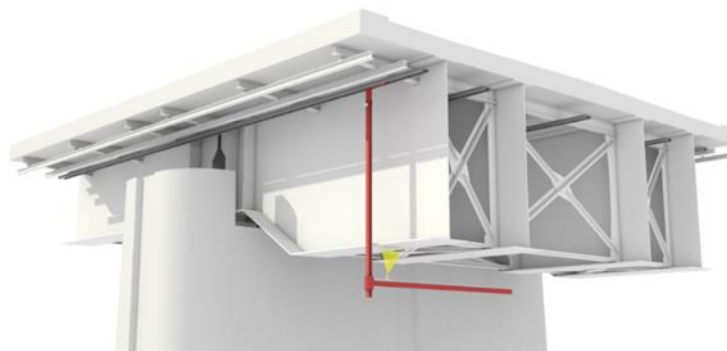


Figura 3.8. Robot per ispezione delle strutture esterne di campata

I robot non hanno componenti in acciaio al carbonio; per le parti più sollecitate, (la bulloneria, ecc..) si è utilizzato acciaio AISI316 e 316L (low carbon), ed altri acciai inossidabili alto legati, per dettagli di particolare impegno strutturale.

L'adozione di robot cartesiani ha anche consentito l'impiego di componenti standardizzati specifici, che consentono ampia possibilità di sostituzione ed intercambiabilità nel tempo, al fine di assicurare una efficienza di particolarmente lunga durata, evitando il ricorso a prototipi specialistici. Il ricorso a componenti di serie, intercambiabili tra loro, permette anche di ridurre il numero di componenti diversi di scorta (che vengono forniti con

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|------------|------|----------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>18 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 18 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 18 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

l'attrezzatura), consentendo così una maggiore flessibilità ed efficacia nella manutenzione. Per quanto possibile si sono adottati medesimi componenti utilizzati per i robot cartesiani di ispezione interno cassoni (vedi descrizione).

La classe di precisione del posizionamento del drone tramite il robot è di almeno due ordini (circa 3) di grandezza superiori al necessario: anche dopo lungo utilizzo non saranno necessarie ri-calibrazioni del sistema.

Per l'esatto posizionamento longitudinale del robot si sono previsti distanziometri di altissima precisione installati alle estremità del ponte mentre il robot è dotato di doppia unità ricevente (dx e sx), così da potere eseguire la media delle misure dalle due estremità mantenendo l'errore della distanza media entro ± 10 mm, così da non dovere ricorrere a altri dispositivi per i movimenti di superamento diaframmi e di posizionamento per dettagli specifici oggetto di controllo e per il posizionamento a comando manuale del robot. Il software di comando consentirà, avendo a disposizione il disegno as built del ponte di impostare anche specifici posizionamenti e visioni della travata.

La scansione completamente automatizzata, da programma di manutenzione predefinito, potrà essere riprogrammata a piacere secondo le necessità operative aggiornate. Verrà consegnato un software aperto, con conservazione della impostazione originale.

Al fine di verificare il mantenimento delle condizioni operative del robot, ciascuna travata conterrà punti notevoli di collimazione che verranno rilevati ad ogni nuova fase di monitoraggio, i dati saranno confrontati con quelli standard, ammettendo una correzione predefinita: nel caso di superamento del limite di errore verrà segnalato con adeguato alert; in ogni caso ogni scansione conterrà anche il record della deviazione dal funzionamento teorico indipendentemente che tale valore rientri nella tolleranza.

4.1.2 Soluzione costruttiva

Ogni robot cartesiano viene realizzato con struttura in lega di Al ad alto tenore di silicio (6063), per composizione saldata di estrusi a sezione cava e, a seconda delle necessità, con moduli a cinghia per i movimenti orizzontali, e a vite per quelli verticali, con motore lineare a 24V in CC del tipo senza manutenzione (brushless – BL). Il motore brushless ("senza spazzole") è un motore elettrico, in questo caso a corrente continua (BLDCM, Brushless Direct Current Motor), avente il rotore a magneti permanenti e lo statore a campo magnetico stazionario (BLDCM).

A differenza di un motore a spazzole non ha quindi bisogno di contatti elettrici striscianti (spazzole) sull'albero del rotore per funzionare. La commutazione della corrente circolante negli avvolgimenti dello statore, e quindi la variazione dell'orientamento del campo magnetico da essi generato, avviene elettronicamente. Ciò comporta una minore resistenza meccanica, elimina la possibilità che si formino scintille al crescere della velocità di rotazione, annullando praticamente la necessità di manutenzione periodica.

Nell'area di parcheggio (che è nella testata della travata, in area parzialmente chiusa e bene protetta) è predisposto un sistema di soffiaggio ad aria compressa che, in automatico, esegue la pulizia del robot, con cadenza definita dal programma di manutenzione e sempre prima di ogni ciclo di ispezione. Davanti e dietro ai gruppi ruota sono disposte speciali spazzole metalliche al fine di mantenere in perfetta efficienza le guide di scorrimento longitudinali. Il dimensionamento del robot è supportato da software specifico di calcolo, che consente anche la simulazione completa del funzionamento ed il calcolo del numero di operazioni previste per vita infinita (il robot è dimensionato teoricamente per una durata convenzionale almeno pari a quella del ponte).

4.1.3 Dettaglio del funzionamento operativo

Il robot scorre (asse z) per mezzo di una trave rotaia (la medesima che consente lo scorrimento della piattaforma di manutenzione).

Essendo i movimenti secondo gli assi x ed y combinati e realizzati da due guide di scorrimento indipendenti, il PLC tiene conto dei movimenti relativi e determina il movimento assoluto rispetto al ponte, secondo la terna cartesiana descritta.

Come detto il robot scorre per l'intera lunghezza del ponte a travata metallica, superando le pile intermedie; per questa ragione è prevista una specifica manovra, facilmente desumibile dagli elaborati grafici di progetto del robot, che utilizza le movimentazioni possibili dell'attrezzatura.

Specificamente in zona terminale di travata è prevista una guida supplementare che ingaggia una coppia di ruote orizzontali antagoniste e consente la traslazione del contrappeso (ballast) principale.

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | COMMESSA IF3A | LOTTO 02 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO VI0000 001 | REV. B | FOGLIO 19 di 30 |

La manovra è programmata da SW tramite PLC a bordo robot: quando il robot comprende che è in prossimità della pila e deve eseguire la traslazione, attua autonomamente l'intera manovra. In ogni caso sono previsti anticollisione elettronici che salvaguardano il robot in caso di malfunzionamento (anche se il SW di controllo riconosce il malfunzionamento e interviene per le necessarie correzioni). Durante la fase di scavalco è possibile anche la visione della testa pila, degli apparecchi di appoggio vicini e dei dispositivi antisismici.

Nella fase di superamento delle pile il robot si allontana dall'opera e posiziona l'asta trasversale porta "drone" in posizione di massimo sollevamento. La manovra è asservita da PLC, per cui tramite encoder e cremagliera di precisione avendo noto la posizione longitudinale delle pile, sono inserite nel SW di controllo tutte le manovre di superamento degli ostacoli. Il robot inoltre è dotato di anticollisione elettronici che prevengono urti accidentali.

L'ispezione può essere sia di tipo automatico, controllata interamente da SW, sia gestita tramite joystick e PC; il robot esegue ispezione e manovre, con azionamento del drone in relazione alla posizione nello spazio, seguendo i comandi da computer centrale e parte utilizzando l'intelligenza a bordo robot da PLC. Preliminarmente tramite anemometri di precisione collocati in modo acconcio, il sistema verifica che siano garantite le condizioni di funzionamento affidabili; con segnalazione a soglie programmabili in caso ci si avvicini alle condizioni operative limite, così che sebbene si sia in operazione completamente autonoma del robot, venga segnalata allerta nella sala operativa di controllo.

Il punto di ricovero protetto ad inizio campata, dove staziona il robot, rileva umidità, temperatura aria e con tecnologia a infrarossi (IR) anche temperatura del cassone. Il drone invia anche auto immagini del robot, così da consentire all'operatore una preliminare verifica dello stato di manutenzione del robot medesimo.

4.2 ISPEZIONE DA REMOTO INTERNO STRUTTURA

4.2.1 Introduzione

Il robot cartesiano qui descritto ha la funzione precipua di consentire l'ispezione da remoto dell'interno della struttura a cassone dell'impalcato, per l'intera lunghezza di ciascuna travata.

Al fine di determinare condizioni di visione più realistiche e accurate, tali da simulare la diretta visione dell'occhio umano, ed inoltre consentire la percorrenza della struttura di progetto, che prevede diaframmi reticolari a croce di S. Andrea, si sono composti robot cartesiani a tre assi scorrevoli tramite binari di appensione, che permettono il movimento all'interno di ciascuna trave a cassone ed anche al centro tra le due travi che compongono ciascuna campata.

I binari di cui sopra hanno la parte di scorrimento a contatto con il robot realizzata con profilo speciale estruso in lega di Al, montata con interposizione di appositi isolatori, così da potere essere utilizzata per l'alimentazione in CC a 24V del robot medesimo (le ruote di scorrimento hanno la fascia di rotolamento rivestita in polietilene ad alta resistenza, quindi il robot è perfettamente isolato dal punto di vista elettrico e la corrente viene trasmessa senza strisciamento tramite rotelle in rame al berillio (ciascun polo è collegato a specifica rotaia).

L'adozione di robot cartesiani consente l'impiego di componenti standardizzati specifici, che consentono ampia possibilità di sostituzione ed intercambiabilità nel tempo, al fine di assicurare una efficienza di particolarmente lunga durata, evitando il ricorso a prototipi specialistici.

Per l'esatto posizionamento longitudinale del robot (corsa anche 60.000 mm per le campate di luce maggiore) si sono previste cremagliere di precisione con encoder assoluto montato a bordo robot, così da non dovere ricorrere a altri dispositivi per i movimenti di superamento diaframmi e di posizionamento per dettagli specifici. Il software di comando consentirà, avendo a disposizione il disegno as built della travata metallica, di impostare anche specifici posizionamenti e visioni del cassone.

La scansione completamente automatizzata, da programma di manutenzione predefinito, potrà essere riprogrammata a piacere secondo le necessità operative aggiornate. Verrà consegnato un software aperto, con conservazione della impostazione originale.

Al fine di verificare il mantenimento delle condizioni operative del robot la travata conterrà punti notevoli di collimazione che verranno rilevati ad ogni nuova fase di monitoraggio; i dati saranno confrontati con quelli standard, ammettendo una correzione predefinita: nel caso di superamento del limite di errore verrà segnalato con

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|------------|------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>20 di 30</td> </tr> </table> | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 20 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 20 di 30 | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | |

adeguato alert; in ogni caso ogni scansione conterrà anche il record della deviazione dal funzionamento teorico indipendentemente dal fatto che tale valore rientri nella tolleranza.

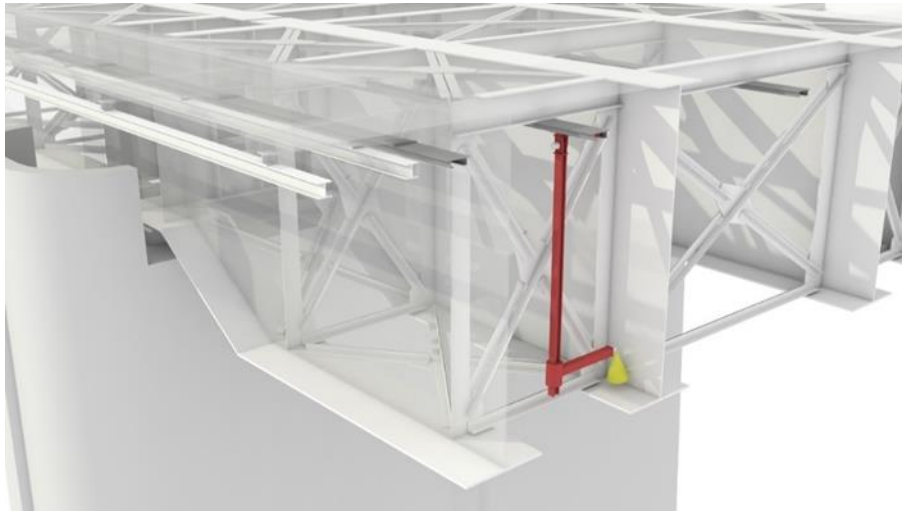


Figura 3.9. Robot per ispezione delle strutture interne

4.2.2 Soluzione costruttiva

Ogni robot cartesiano viene realizzato con struttura in lega di Al silicio (6063), per composizione saldata di estrusi a sezione cava e, a seconda delle necessità, con moduli a cinghia per i movimenti orizzontali, ed a vite per quelli verticali, con motore lineare a 24V in CC del tipo senza manutenzione BL, dello stesso tipo di quelli che equipaggiano il robot per ispezione delle strutture esterne (si rimanda al paragrafo 6.2 per i principi di funzionamento dei motori tipo brushless).

In relazione alla massa del carico, alla precisione attesa, all'area e al ciclo di lavoro richiesto sono adottati adeguati moduli standardizzati nonché le motorizzazioni più indicate. I controllori di posizione specifici adottati permettono di coordinare il movimento e la posizione del sistema multi-asse utilizzando i più diffusi Bus di comunicazione.

Con la combinazione delle unità lineari indicate a progetto e dei motori lineari sono realizzati i diversi sistemi cartesiani multi-asse equipaggiati di motore, riduttore, sensori e catena porta-cavi.

Le unità lineari adottate sono tutte del tipo chiuso, dotate di para-polvere in acciaio inox.


Nell'area di parcheggio (che è nella testata della travata, quindi in area chiusa e bene protetta) è predisposto un sistema di soffiaggio ad aria compressa che, in automatico, esegue la pulizia del robot, con cadenza definita dal programma di manutenzione e sempre prima di ogni ciclo di ispezione.

Davanti e dietro ai gruppi ruota sono disposte speciali spazzole triple (due spazzole in fibra di carbonio auto registranti ed una di lucidatura in polietilene) al fine di mantenere in perfetta efficienza le guide di scorrimento longitudinali.

Il dimensionamento del robot è supportato da software specifico di calcolo, che consente anche la simulazione completa del funzionamento ed il calcolo del numero di operazioni previste per vita infinita (il robot è dimensionato teoricamente per una durata convenzionale almeno pari a quella del ponte).

Dettaglio del funzionamento operativo

Sinteticamente il robot scorre (asse z) per mezzo di una rotaia di scorrimento in senso longitudinale alla travata. La conformazione è a forma di L, con traversa che consente di posizionare il drone in vicinanza di entrambe le anime del cassone (asse x), un giunto rotante per il collegamento al montante verticale (asse y), lungo il quale avviene lo scorrimento della traversa stessa.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|------------|------|----------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>21 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 21 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 21 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Al fine di superare i diaframmi intermedi interni (a forma di grande X o croce di S. Andrea) il montante (asse y) è snodato alla sommità in modo da potersi disporre parallelo alla soletta ed alla rotaia di scorrimento

Nella fase di superamento dei diaframmi il robot dispone la traversa parallela all'asse longitudinale dell'impalcato; in sequenza si dispone in prossimità del diaframma da superare, e ruota di 90° il montante verticale. L'avanzamento avviene fino al diaframma successivo, da dove è possibile ruotare in posizione di lavoro il montante verticale e la traversa.

La manovra è asservita da PLC, per cui tramite encoder e cremagliera di precisione avendo noto la posizione longitudinale all'interno del cassone, sono inserite nel SW di controllo tutte le manovre di superamento degli ostacoli. Il robot inoltre è dotato di anticollisione elettronici che prevengono urti accidentali. Avviato il programma di ispezione remota, (qui ci si riferisce a programma completamente controllato da SW ma analogamente le operazioni possono essere eseguite su richiesta tramite joystick e PC) il robot esegue ispezione e manovre, con azionamento del drone in relazione alla posizione nello spazio, seguendo i comandi da Computer centrale e parte utilizzando l'intelligenza a bordo robot da PLC.

La prima fase è sempre quella di autodiagnosi e di controllo delle calibrazioni che vengono mantenute in apposito record (con confronto delle corrispondenti precedenti ed elaborazione dell'andamento della deviazione ed eventuale allerta in caso vi sia la tendenza di allontanamento dalle condizioni ammissibili). Viene ovviamente anche eseguita la diagnosi del sistema di trasmissione dati, della potenza e costanza della alimentazione elettrica (una sottostazione con trasformatore, stabilizzatore e gruppo di continuità per consentire il rientro del robot alla base, prende alimentazione dalla linea principale).

Il punto di ricovero protetto ad inizio campata dove staziona il robot rileva umidità, temperatura aria e con IR anche temperatura del cassone. Il drone invia anche auto immagini del robot, così da consentire all'operatore una preliminare verifica dello stato di manutenzione del robot medesimo.

Al completamento della ispezione bidirezionale il "drone" rientra alla base, e dopo aver effettuato il controllo dell'efficienza, esso è pronto per eseguire una successiva ispezione. Al fine di ottimizzare la visione interna il robot, in correlazione con il drone, è dotato di faretto a led, a incidenza variabile così da consentire anche la visione con luce radente per un controllo più dettagliato dei cordoni di saldatura.


4.2.3 Telecamere per riprese interne ed esterne ai cassoni

I robot cartesiani descritti nei capitoli precedenti verranno equipaggiati con "droni" per acquisizione di immagini ad alta definizione costituiti da videocamere con raggio d'azione a 360°.

I dati acquisiti, elaborati dalla memoria interna dell'apparecchio vengono trasferiti attraverso idonea cistiva all'unità centrale master che si occupa della gestione e dell'invio al cloud di riferimento per la visualizzazione da remoto dei dati. Per la particolare applicazione sarà utilizzata una telecamera Panasonic WV-SUD638/WV-SUD638B - Aero PTZ, con resistenza in condizioni estreme e visuale a 360°.

Il drone sarà fissato ai robot cartesiani ed il cavo collegato alla centralina master verrà raccolto e riposizionato durante il percorso dell'apparecchiatura. Caratteristiche:

- Peso ridotto
- Resistenza alle raffiche di vento da 216 km/h = 60 m/s (funzionamento) a 288 km/h = 80 m/s (riprese non distruttive)
- i-SAS (Image Stability Augment System) per una perfetta stabilizzazione dell'immagine
- "Sphere P/T" fornisce la visione 3D a 360° (Pan: 360°-infinito, Tilt: da 90° a -180°)
- Temperatura di funzionamento da -50 °C a +60 °C
- Certificata IP67, IP66 e IK10
- Luce a LED IR opzionale (fino a 150 m, con interblocco dello zoom)
- Struttura leggera, 8,0 Kg, in fibra di vetro
- Protezione contro la corrosione in ambienti aggressivi quali aria salmastra

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>22 di 30</td> </tr> </table> | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 22 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 22 di 30 | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | |

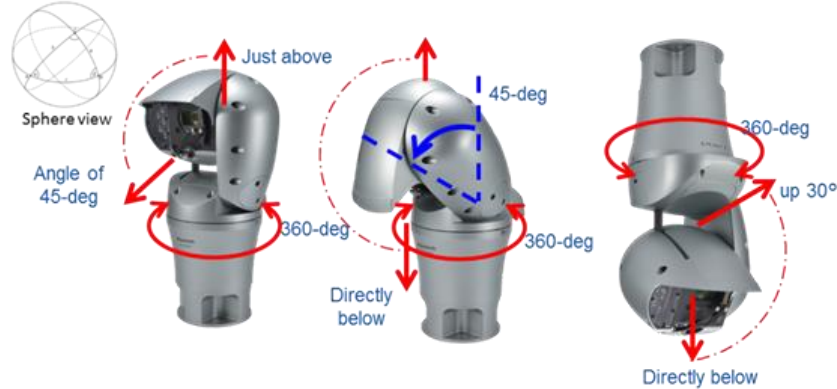


Figura 3.10. Robot per ispezione delle strutture interne Video-camera Panasonic WV-SUD638/WV-SUD638B – Funct.

4.2.4 Raccolta e trasferimento delle immagini

I “droni” montati sui robot saranno comandati da remoto tramite il medesimo PLC con cui è equipaggiato ogni robot.

Le immagini acquisite saranno immagazzinate dal PLC stesso che arrivato nella posizione di riposo le trasferirà con modalità Wireless al computer presente su ciascuna pila dove avviene il ricovero dei robot e quindi inviato tramite rete GSM dedicata al cloud server che gestisce e rende disponibili i dati immagazzinati all’utente finale.

4.2.5 Vantaggi della soluzione proposta


L’utilizzo del sistema di video ispezione per le parti interne ed esterne delle strutture dei viadotti a travata metallica consente di eliminare la necessità di ricorrere a soggezioni all’esercizio ferroviario durante le fasi ispettive, consentendo un’ispezione in completa sicurezza anche delle zone che richiederebbero speciali operazioni a causa della loro scarsa accessibilità.

Inoltre, l’utilizzo dello stesso sistema, elimina la necessità di ricorrere a opere provvisorie necessarie per ispezionare le zone con più scarsa accessibilità.

Sarà inoltre possibile acquisire immagini ad alta definizione lungo tutto lo sviluppo del ponte: queste immagini saranno archiviate e processate, al fine di consentire un monitoraggio nel tempo delle condizioni di conservazione della struttura e poter pianificare operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria.

In sintesi, i principali vantaggi della proposta possono essere così riassunti:

- totale visibilità da remoto del 100% delle strutture esterne senza necessità di approntamenti di opere provvisorie;
- possibilità di acquisire immagini ad alta definizione (in formato RAW o Jpeg) a 360° in un sistema predefinito di assi cartesiani da elaborare mediante algoritmi di Artificial Intelligence;
- immagini importabili nel modello BIM;
- possibilità di ispezione immediata da remoto delle strutture e degli appoggi dopo un alert sismico o idrogeologico di elevata intensità.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|------|----------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>23 di 30</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 23 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 23 di 30 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

Il viadotto in oggetto sarà dotato di un sistema di monitoraggio a lungo termine atto a:

- verificare la corrispondenza del comportamento del ponte alle previsioni progettuali;
- verificare l'andamento nel tempo delle grandezze misurate;
- valutare il tempo di accadimento del guasto (ai fini della manutenzione predittiva).

Attraverso la misura di specifiche grandezze predefinite ad intervalli di tempo determinati, è possibile seguire l'evoluzione nel tempo delle condizioni della struttura esaminata e la risposta deformativa sotto i carichi di esercizio e condizioni eccezionali e di sviluppare modelli analitici per la valutazione di eventuali cambiamenti nel comportamento della stessa. In tal modo sarà possibile rispondere celermente ad eventuali necessità di intervento e pianificare in maniera efficiente qualsiasi attività manutentiva.

Il sistema di monitoraggio proposto è integrabile con i sistemi di gestione delle attività di ispezione (sistema Domus) e con i sistemi di ispezione automatica descritti in questa relazione.

5.1 STRUMENTAZIONE DEI VIADOTTI

Il sistema di monitoraggio proposto è costituito da una rete di sensori di alta qualità ed accuratezza, di facile manutenzione, in grado di monitorare i parametri ritenuti significativi. Sono impiegati dispositivi basati su tecnologie avanzate ovvero tipo MEMS e fibra ottica che vengono di seguito brevemente elencati e descritti.

5.1.1 Inclinometri biassiali con tecnologia MEMS

Sono sensori utilizzati per applicazioni strutturali, in grado di rilevare la componente dell'accelerazione di gravità lungo una direzione preferenziale e derivarne la corrispondente inclinazione assunta dallo strumento rispetto ad uno zero iniziale.

5.1.2 Accelerometri triassiali con tecnologia MEMS

Sono utilizzati per applicazioni in strutture dell'ingegneria civile (ponti, gallerie, edifici, pale eoliche, etc.), sono in grado di rilevare l'accelerazione lineare lungo 3 assi principali.

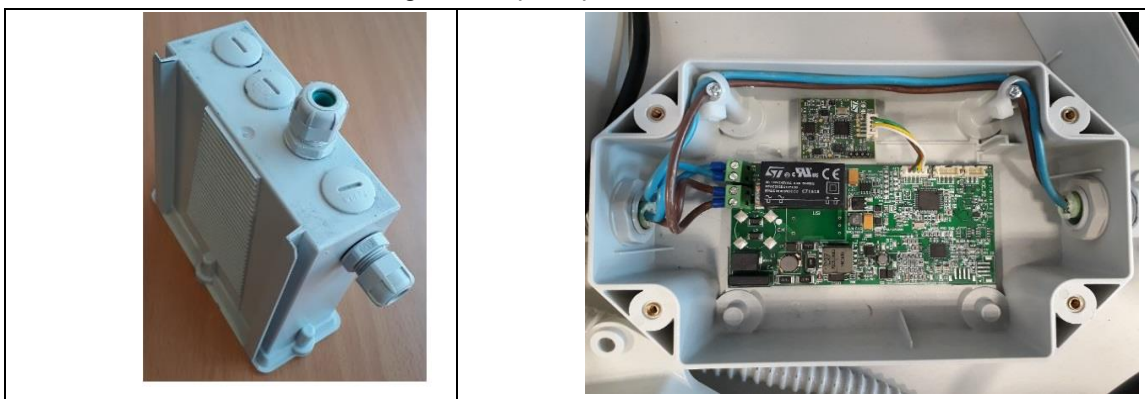


Figura 5.1. Sensori inclinometrici MEMS.

5.1.3 Estensimetri FBG a fibra ottica

Sono strumenti basati sul reticolo di Bragg e sono equivalenti ad un classico estensimetro elettrico, ma non presentano i fenomeni di deriva elettrica di quest'ultimi garantendo inoltre una durata molto superiore nel tempo. Gli estensimetri, con la compensazione integrata in temperatura, saranno opportunamente incollati direttamente sulla superficie degli elementi in acciaio dell'impalcato per rilevarne la deformazione.


| | | | | | | |
|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | COMMESSA IF3A | LOTTO 02 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO VI0000 001 | REV. B | FOGLIO 24 di 30 |



Figura 5.2. Accelerometri triassiali MEMS ed estensimetri a fibra ottica.

5.1.4 Sensori di tensione locale

Sono utilizzati per la misura della tensione interna negli elementi di calcestruzzo. Tali sensori possono essere annegati all'interno degli elementi strutturali durante la loro realizzazione o post-installati in caso di strutture esistenti; sono in grado di restituire in tempo reale lo stato tensionale locale relativo alla sezione strumentata. I sensori di tensione posizionati all'interno dei diaframmi delle fondazioni in prossimità dell'alveo consentono di valutare eventuali variazioni nella distribuzione delle tensioni conseguenti all'eventuale fenomeno di scalzamento delle fondazioni.

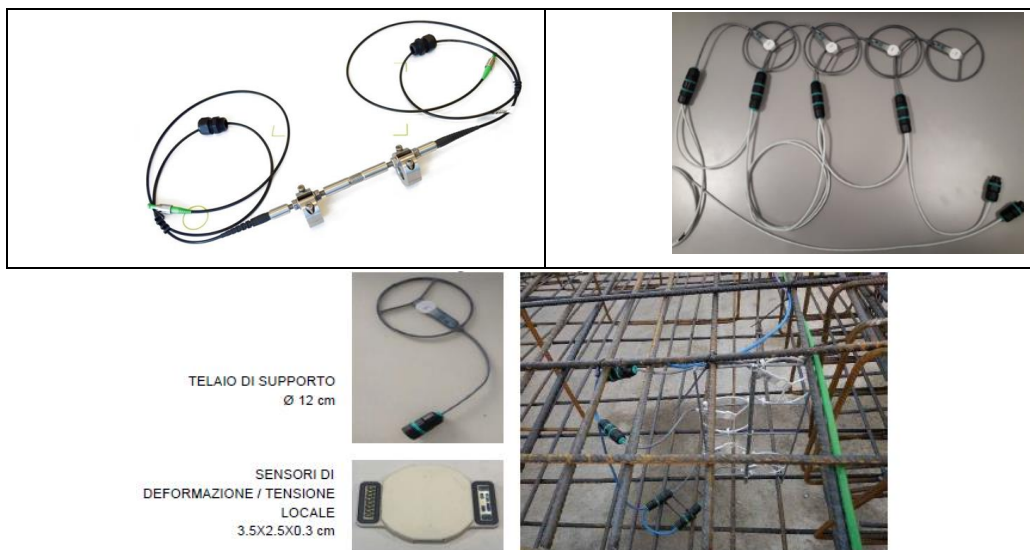


Figura 5.3. Sensori di deformazione/tensione locale e installazione all'interno delle strutture.

5.1.5 Celle di carico

Operanti sempre mediante la tecnologia del reticolo di Bragg (FBG), essi sono previsti per il controllo delle reazioni trasmesse dall'implacato alle strutture sottostanti. Anche in questo caso ciascun sensore è dotato anche di un misuratore di temperatura necessario alla compensazione delle misure.

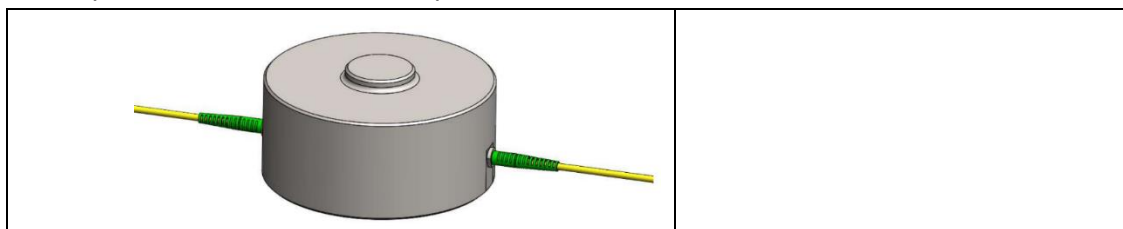


Figura 5.4. Celle di carico.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|------------|------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>25 di 30</td> </tr> </table> | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 25 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 25 di 30 | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5.1.6 Distanziometri

Anche questi strumenti sono realizzati mediante la tecnologia del reticolo di Bragg (FBG); in particolare il distanziometro scelto è stato progettato specificamente per misurare lo spostamento tra due punti sullo stesso piano. Ciascun sensore è dotato anche di un misuratore di temperatura necessario alla compensazione delle misure.



Figura 5.5. Distanziometro.


5.1.7 Fotocamere

In aggiunta alla strumentazione precedentemente descritta saranno poste sulle due spalle per la registrazione dei treni in transito in modo tale da poter associare le oscillazioni dinamiche registrate dai sensori con l'effettivo carico reale transitante sul ponte e quindi permettere la taratura dei modelli di calcolo, nonché degli algoritmi per la quantificazione dei fenomeni di fatica

5.2 DISPOSIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO LUNGO IL VIADOTTO

La strumentazione di monitoraggio lungo le campate del viadotto Cervaro è stata prevista nelle posizioni indicate in **Figura 5.6**, per una campata tipologica. Tali sensori sono stati collocati in posizioni accessibili per mezzo dei carrelli mobili o delle passerelle di ispezione in modo da essere **facilmente sostituibili in caso di guasti**. Si è previsto più nel dettaglio il posizionamento degli strumenti descritti in precedenza per le ragioni indicate nel seguito:

- **accelerometri e inclinometri** sulle travate degli impalcati, ai fini predittivi di misurare le variazioni tensionali e deformative e ricostruire la risposta tensio-deformativa delle strutture al passaggio dei convogli ed in caso di sisma;
- **strain gauges** per la determinazione delle tensioni nelle sezioni più sollecitate per la quantificazione dei fenomeni di fatica
- **celle di carico** agli appoggi al fine di misurare le variazioni di tensione e controllare le reazioni trasmesse dall'impalcato alle strutture sottostanti, in modo da verificare il corretto funzionamento degli stessi sia in esercizio, sia in caso di eventi sismici che potrebbero alterarne il comportamento (si pensi per esempio alla uscita dell'appoggio da sua sede e quindi all'anomalo comportamento della reazione di carico in conseguenza di un evento sismico);
- **distanziometri** per verificare il corretto centraggio degli impalcati sugli apparecchi di appoggio: si è tenuto conto del sistema di vincolo adottato per tutte le campate in cui gli appoggi sono tutti multidirezionali e le azioni orizzontali sono affidate a un ritegno fisso (o mobile longitudinalmente) posto in corrispondenza dei trasversi di estremità. La soluzione garantisce la totale isostaticità alle azioni orizzontali; tuttavia, questi ritegni, essendo appunto il sistema isostatico, rivestono un ruolo cruciale in caso di evento sismico importante;
- **sensori di tensione** alla testa dei diaframmi in modo da poter registrare le eventuali variazioni di pressione litostatica alla testa dei diaframmi per possibile correlazione con problematiche di scalzamento delle pile in alveo.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>26 di 30</td> </tr> </table> | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 26 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 26 di 30 | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | |

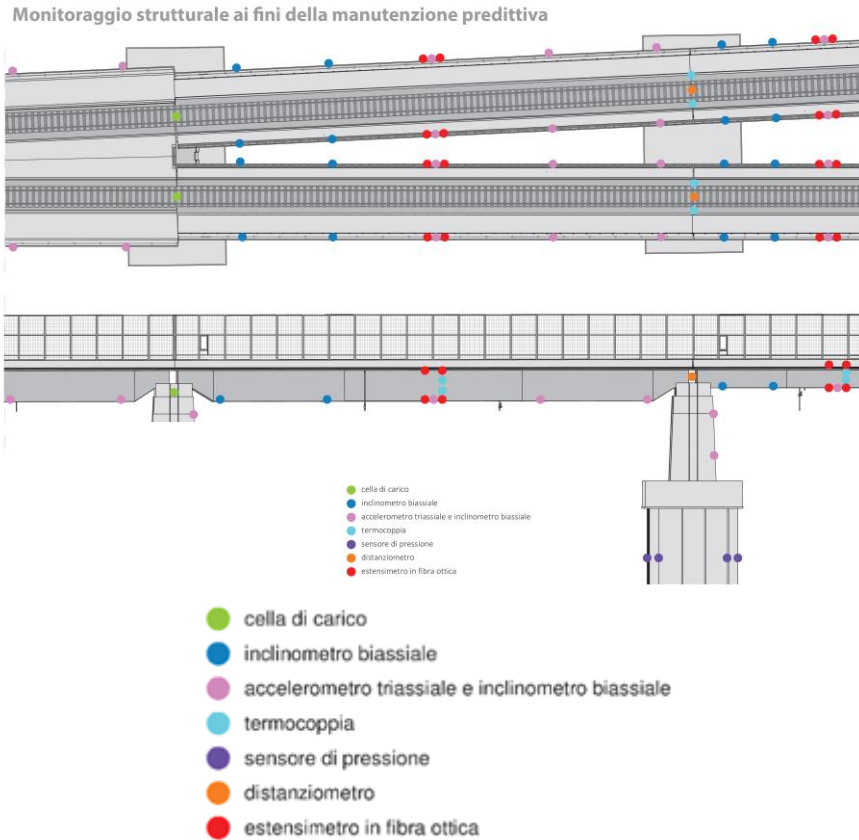



Figura 5.6. Posizionamento della strumentazione di monitoraggio in una campata tipo del viadotto.

La tabella 7.1 riassume la sensoristica prevista per il monitoraggio del viadotto e le relative quantità applicate. Tutta la strumentazione installata, sarà posizionata nel modello tridimensionale BIM e ne sarà composta la scheda anagrafica per l'identificazione delle apparecchiature installate, delle sue caratteristiche e per la conservazione dei dati significativi interpretati e validati dal sistema di monitoraggio.

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | COMMESSA IF3A | LOTTO 02 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO VI0000 001 | REV. B | FOGLIO 27 di 30 |

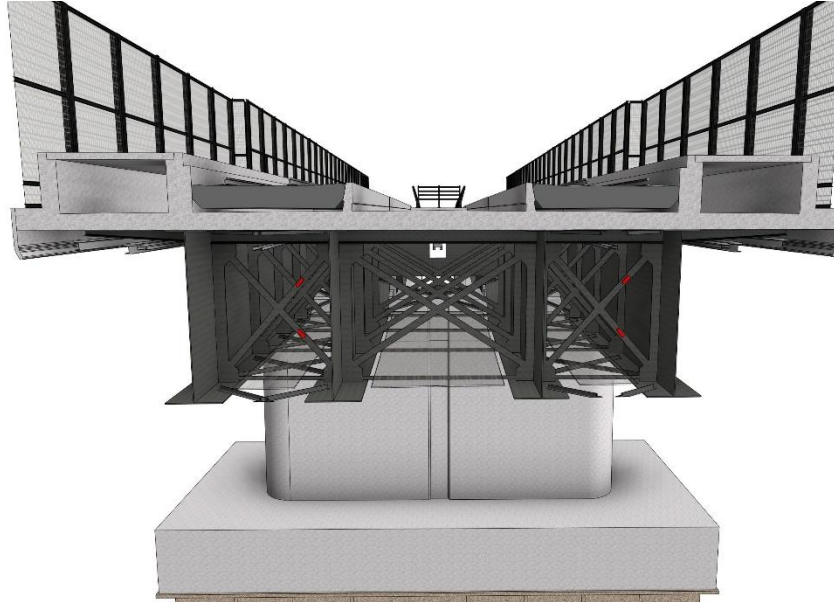


Figura 5.7. Esempio di posizionamento estensimetri in fibra ottica sui traversi dell'impalcato.

Tabella 5.1 Sensori di monitoraggio per il viadotto Cervaro: tipologie e quantità installate

| STRUMENTAZIONE | DESCRIZIONE | QUANTITÀ |
|------------------------------------|---|----------|
| Inclinometri Biassiali | Sensore realizzato con tecnologia MEMS (<i>Micro Electro - Mechanical Systems</i>) per la misurazione dell'accelerazione locale lungo due assi orientati, da cui ricavare l'inclinazione locale; tale misurazione è accoppiata alla rilevazione puntuale di due parametri del microambiente in cui opera il sensore ovvero: <ul style="list-style-type: none"> - temperatura - umidità relativa | 118 |
| Accelerometri Triassiali | Fornitura di sensore realizzato con tecnologia MEMS (<i>Micro Electro - Mechanical Systems</i>) per la misurazione dell'accelerazione locale lungo tre assi orientati; tale misurazione è accoppiata alla puntuale di due parametri del microambiente in cui opera il sensore ovvero: <ul style="list-style-type: none"> - temperatura - umidità relativa | 82 |
| Sensori di Tensione | Fornitura di sensori di tensione per il controllo delle tensioni all'interno delle strutture in c.a. di fondazione | 48 |
| Distanziometri | Fornitura di distanziometri in fibra ottica | 12 |
| Estensimetri a Fibra Ottica | Estensimetri FBG a fibra ottica basati sul reticolo di Bragg | 64 |
| Celle Di Carico | Celle di carico FBG a fibra ottica basati sul reticolo di Bragg | 9 |
| Termocoppie | Termocoppie per la misura delle variazioni di temperatura | 40 |
| Videocamere | Videocamere tipo Panasonic per rilievo e identificazione numero e tipologia convogli viaggianti | 2 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>28 di 30</td> </tr> </table> | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 28 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 28 di 30 | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5.3 IL SISTEMA DI TRASMISSIONE DATI

Per il sistema di monitoraggio sopra descritto è stato sviluppato un protocollo di trattamento dati in grado di trasformare le letture provenienti dai sensori in dati “consistenti”, ovvero significativi per le successive fasi di modellazione numerica. La rete di raccolta e trasmissione dei dati dai sensori alla piattaforma cloud o ad un server locale è così caratterizzata:

- acquisizione continua ed automatica dei dati derivanti dai sensori (24h/24h e 7gg/7gg). Il sistema è flessibile a modifiche della disposizione della strumentazione e della frequenza delle misure in corso d’opera in funzione dei fenomeni evolutivi riscontrati;
- letture dei sensori associabili in modo univoco ad un istante temporale, tali cioè da permettere analisi dati complesse;
- disponibilità dei dati di monitoraggio in diversi formati, tra cui il formato originale del programma di analisi, in formato Excel, o altri formati su specifica richiesta;
- trasmissione dei dati dal sensore alla centralina (dispositivo che collega le unità periferiche, ovvero i sensori, utilizzato per la raccolta dei segnali provenienti dalla medesima opera d’arte) tramite connessioni cablate con CAN bus;
- *microcontroller* a 32 bit integrato per l’elaborazione dei dati in locale e Impiego di centraline IoT che permettono la programmazione per filtrare le informazioni ridondanti, ridurre la quantità di dati trasferiti al cloud e generare allarmi quando vengono soddisfatte le condizioni definite dall’utente. Sulla centralina, i dati sono memorizzati su un Solid State Disk, che funge quindi da cache locale per evitare la perdita di dati in caso di interruzione della connettività Internet.
- Alimentazione 230V delle centraline lungo lo sviluppo longitudinale dei viadotti con collegamento dei sensori alle centraline di acquisizione che memorizzano, elaborano ed inoltrano i dati dei sensori al cloud attraverso una connessione LTE. Essa crea una rete *Wi-Fi* protetta che viene utilizzata durante l’installazione e la manutenzione per eseguire test funzionali sul sistema di sensori.
- Possibilità di utilizzo delle centraline come *data logger* locale per letture manuali per ovviare a periodi transitori iniziali in mancanza/attesa di collegamento definitivo per il trasferimento dei dati;
- registrazione sul cloud o su server locale delle informazioni tecniche sui singoli elementi strutturali, quali la geometria, l’identificativo dei sensori, la disposizione dei sensori nella struttura, etc. Archiviazione e successiva elaborazione dei dati derivanti dai dispositivi sia in locale che su piattaforma dedicata cloud.

5.4 LA GESTIONE DEI DATI

I dati provenienti dai sensori vengono archiviati su un database dedicato. Nell’infrastruttura cloud vengono memorizzate tutte le informazioni tecniche caratterizzanti la struttura in esame quali, ad esempio, la geometria, l’identificativo dei sensori, la disposizione dei sensori nella struttura, etc. Una volta raccolti i dati questi vengono elaborati e trasformati in dati “strutturali”. L’elaborazione dei dati comprende tutte le procedure di trattamento delle misure rilevate, al fine di ottenere un dato depurato da eventuali influenze ambientali, con il quale poter operare analisi di tipo strutturale. In particolare, un apposito algoritmo elabora il dato grezzo, estraendo le letture dei sensori dal database, con una frequenza temporale prestabilita, e restituisce un set di dati preliminarmente trattati, che viene a sua volta archiviato sul database per essere successivamente utilizzato.

| | | | | | | | |
|---|--|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci  | | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | COMMESSA IF3A | LOTTO 02 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO VI0000 001 | REV. B | FOGLIO 29 di 30 |

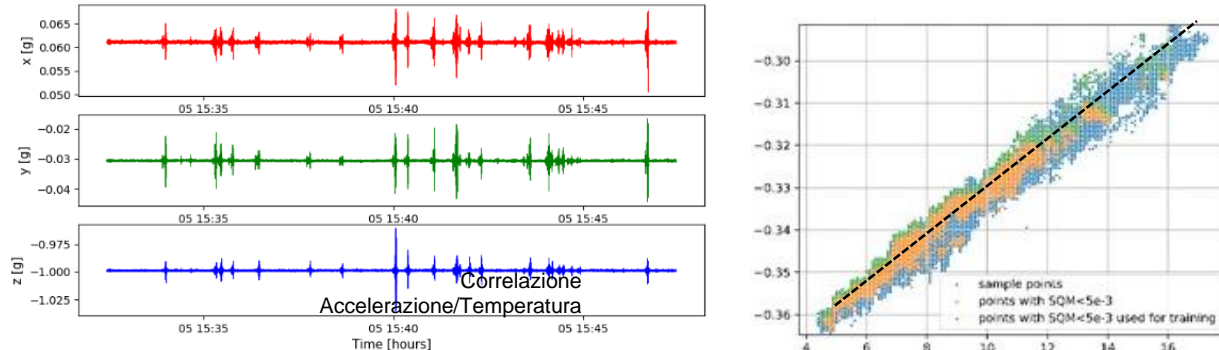


Figura 5.8. Elaborazione dei dati - Influenze ambientali.

Per l'impalcato in oggetto verrà eseguita un'apposita prova di carico per la validazione strutturale del sistema di monitoraggio e diagnostica.

La validazione delle assunzioni teoriche effettuate avviene con opportuna taratura del modello di calcolo ad elementi finiti sviluppato (*model updating*), a cui riferire la valutazione dell'eventuale degrado futuro dei materiali o di eventuali dissesti occorrenti durante la vita in esercizio dell'opera. Confrontando i valori attesi dei parametri significativi monitorati ricavabili dal modello ad elementi finiti con i valori degli stessi parametri raccolti durante la prova di carico vengono tarate le rigidità e le condizioni di vincolo del *digital twin*.

Il *model updating* avviene con continuità durante l'esercizio del sistema di monitoraggio. L'attività di diagnostica e monitoraggio si basa sulla determinazione di soglie con cui vengono confrontate le misure collezionate.

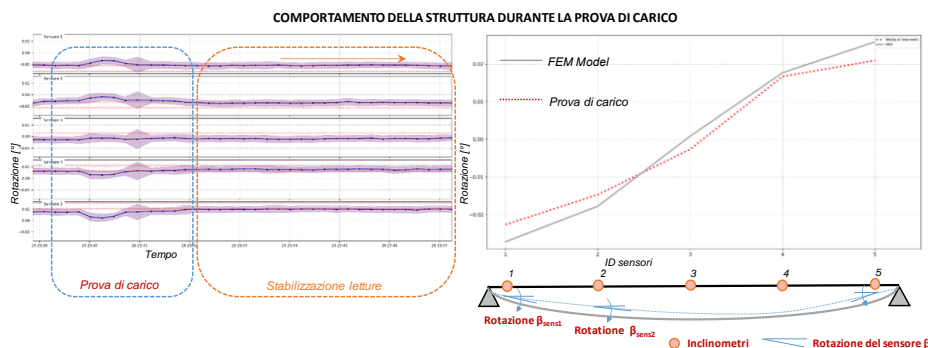


Figura 5.9. Prova di carico eseguita per la taratura del sistema

I livelli di soglia impostati sono funzione dei valori assunti dalle grandezze in misura (deformazioni, spostamenti, rotazioni, ecc.), differenziati per tipo e posizione di sensore all'interno delle diverse tipologie di struttura e/o elemento monitorati. Si individuano due livelli principali di soglia:

- **Soglia di Attenzione:** sotto la quale si svolge la vita ordinaria della costruzione, ottenuta per raggiungimento di una variazione del parametro monitorato fuori dal trend standard, ma entro i limiti di sicurezza della struttura. Tale soglia indica la necessità di tenere sotto controllo la successiva evoluzione del fenomeno rilevato. La soglia di attenzione scatta quando il tasso di sicurezza in relazione alla vita umana passa da 10-6/-5 a 10-5/-4;
- **Soglia di Allarme:** rappresenta un danneggiamento permanente della struttura; tale soglia viene attivata per il raggiungimento di una variazione significativa del parametro monitorato, con utilizzazione ai limiti della struttura, corrispondente ad una riduzione inaccettabile della sicurezza con riferimento alla vita umana. Tale allarme indica la necessità di predisporre interventi strutturali.

I dati provenienti dai sensori, elaborati attraverso procedure ad hoc che permettono di trasformare il dato "grezzo" nel parametro fisico di interesse, vengono confrontati in real-time con i valori di soglia preimpostati al fine di rilevare

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>VI0000 001</td> <td>B</td> <td>30 di 30</td> </tr> </table> | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 30 di 30 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | |
| IF3A | 02 | E ZZ RH | VI0000 001 | B | 30 di 30 | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Sistemi di ispezione visiva, accessibilità per la manutenzione e monitoraggio – Relazione tecnica | | | | | | | | | | | | | | | | | |

mediante algoritmi avanzati eventuali criticità strutturali. Naturalmente, un sottoinsieme del sistema di monitoraggio potrà essere installato anche durante la costruzione, per registrare l'evoluzione dello stato tensionale e deformativo durante le complesse fasi di sollevamento e posa in opera delle parti del ponte.