

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

GN01 - GALLERIA NATURALE HIRPINIA

MONITORAGGIO GALLERIA

-
GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 08/06/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. G. Cassani

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

IF3A	02	E	ZZ	RH	GN0100	008	B	-
------	----	---	----	----	--------	-----	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	C 08.00 - Emissione 180gg	M. Mason	08/02/2022	A. Zimbaldi	08/02/2022	M. Gatti	08/02/2022	Ing. G. Cassani 08/06/2022
B	C 08.01 - A valle del contraddittorio	M. Mason	08/06/2022	A. Zimbaldi	08/06/2022	M. Gatti	08/06/2022	

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 GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 2 di 23

Indice

1	INTRODUZIONE	3
1.1	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO.....	6
3	SISTEMA DI MONITORAGGIO	7
4	STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO.....	11
4.1	BARRETTE ESTENSIMETRICHE	11
4.2	CELLE DI CARICO	12
4.3	STRUMENTO PER LA MISURA DEL CARICO IDRAULICO	13
4.4	ESTENSIMETRO MULTIBASE	13
4.5	CATENA DI CLINOMETRI TRIASSIALI.....	14
5	FREQUENZA DI LETTURA.....	16
5.1	MONITORAGGIO BARRETTE ESTENSIMETRICHE E CELLE DI CARICO.....	16
5.2	MONITORAGGIO DEL CARICO IDRAULICO	16
5.3	MONITORAGGIO DELLE DEFORMAZIONI DELL'AMMASSO.....	16
5.4	MONITORAGGIO DELLE DEFORMAZIONI DEL RIVESTIMENTO IN CONCI	16
6	DEFINIZIONE DEI VALORI DI SOGLIA	17
7	MISURE DI INTERVENTO.....	17
8	PROGRAMMA DI MONITORAGGIO IN CORRISPONDENZA DELLE INTERFERENZE .	18
9	PIATTAFORMA DI GESTIONE DATI	19
9.1	DESCRIZIONE DEL SISTEMA.....	19
9.2	ARCHIVIAZIONE E GESTIONE DEI DATI	20
9.3	SISTEMI DI ALLARME	21
9.4	VISUALIZZAZIONE DEI DATI MEDIANTE PIATTAFORMA WEBGIS	21
9.5	INTEGRAZIONE PIATTAFORMA WEBGIS CON SISTEMA BIM.....	22

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</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 GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 3 di 23

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha per oggetto la definizione del piano di monitoraggio per la galleria naturale Hirpinia, scavata con sistema meccanizzato

Il documento ha lo scopo di illustrare il monitoraggio interno alla galleria, ovvero il controllo dello stato tensionale del rivestimento in conci, la verifica dei carichi idraulici agenti al contorno del cavo (carichi residui rispetto ai livelli di falda in presenza degli interventi di drenaggio previsti nelle tratte di galleria drenante) nonché delle deformazioni dell'ammasso e del rivestimento in conci prefabbricati.

Per il monitoraggio condotto in fase di scavo mediante TBM, inerente la registrazione dei parametri operativi di funzionamento della TBM ed le indagini condotte in avanzamento dall'interno della TBM, si rimanda alla relazione "Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento".

Verrà inoltre descritto il sistema di piattaforma WEB-GIS che consentirà la gestione dei dati raccolti durante la costruzione dell'opera, integrati con quanto predisposto per l'avanzamento con TBM, e durante l'esercizio dell'infrastruttura.

Parte della strumentazione prevista nell'ambito del presente Progetto Esecutivo è riferibile all'offerta tecnica migliorativa avanzata in sede di gara (criterio 2.2) per il settore centrale della galleria (in PD previsto in tradizionale, ora con sistema meccanizzato); in particolare sono state previste, ad integrazione di quanto già adottato in fase di PD, l'adozione di sezioni con estensimetri multibase, stazioni con clinometri triassiali, nonché l'adozione di una apposita piattaforma di gestione dati. Ulteriori elementi di supporto al monitoraggio dell'avanzamento con sistema TBM sono riportate nella relazione di monitoraggio in macchina e avanzamento.

1.1 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Nell'ambito dell'Itinerario Napoli-Bari si inserisce il Raddoppio della Tratta Hirpinia-Orsara che rappresenta il secondo lotto della tratta in variante Apice-Orsara, il cui primo lotto (Apice-Hirpinia) si trova attualmente in fase di esecuzione da parte del Consorzio Hirpinia AV.

La riqualificazione e lo sviluppo dell'itinerario Roma/Napoli – Bari prevede interventi di raddoppio delle tratte ferroviarie a singolo binario e varianti agli attuali scenari perseguendo la scelta delle migliori soluzioni che garantiscano la velocizzazione dei collegamenti e l'aumento dell'offerta generalizzata del servizio ferroviario, elevando l'accessibilità al servizio medesimo nelle aree attraversate.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. FOGLIO B 4 di 23



Figura 1-1. Corografia dell'intera tratta Napoli Bari, con dettaglio della tratta Hirpinia-Orsara

La variante oggetto del presente documento interessa il tratto centrale della direttrice Napoli – Bari e risulta strategica nel riassetto complessivo dei collegamenti metropolitani, regionali e lunga percorrenza previsto con la realizzazione di tutto il potenziamento. Si colloca in territorio campano e pugliese ed i comuni attraversati sono rispettivamente per la provincia di Avellino: Ariano Irpino, Flumeri, Savignano Irpino e Montaguto; per la provincia di Foggia: Panni e Orsara di Puglia.

Il tracciato della Bovino – Orsara - Hirpinia è stato progressivato rispetto all'orientamento della Linea Storica partendo da Bovino con la pk 29+050 (fine tratta Cervaro-Bovino) fino ad Orsara con pk 40+889 (imbocco galleria Orsara) dove inizia la tratta oggetto del presente progetto esecutivo che si estende fino ad Hirpinia con pk 68+955.

La linea AV/AC si sviluppa prevalentemente in galleria con una velocità compresa tra 200 e 250 Km/h ed ha una lunghezza complessiva L=28,06 km.

Il nuovo tracciato ferroviario ha inizio alla pk 40+889.793 (BP) in corrispondenza dell'inizio del collegamento di 1^a fase della tratta Bovino – Orsara, per il quale in questo progetto è prevista la dismissione.

Il tracciato prosegue come prolungamento della nuova linea a doppio binario inizialmente con l'interasse a 4m per poi divergere fino all'imbocco dalla galleria naturale Hirpinia (lato Bari) per la quale è previsto l'imbocco a canne separate.

Il corpo ferroviario compreso tra l'inizio del progetto e la pk 41+046.85 è già realizzato nell'ambito degli interventi della tratta Bovino – Orsara, come lo sono anche i piazzali tecnologici Nord e Sud, la SSE e il sottopasso di collegamento tra la viabilità di accesso alla stazione e i piazzali suddetti.

Dal km 41+046.85 dopo un breve tratto in rilevato inizia lo scatolare che si collega direttamente al viadotto VI01 sul torrente Cervaro di L=313.65m.

In questo contesto si colloca anche la nuova Stazione di Orsara (pk 40+074.95).

La galleria "Hirpinia" inizia alla pk 41+435.91 a pochi metri dalla spalla del viadotto VI01 (pk 41+428.29) e finisce alla pk 68+537.41. La galleria lato Bari imbecca direttamente con le canne separate e prosegue a doppia canna fino ad Hirpinia dove attraverso un camerone di collegamento in prossimità dell'uscita lato Napoli diventa a singola canna doppio binario per consentire ai binari di avvicinarsi all'interasse di 4m e collegarsi con i binari di corsa della stazione di Hirpinia, già realizzata nella tratta Apice - Hirpinia.

Lo sviluppo complessivo della galleria è di 27 Km circa.

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 GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 5 di 23

L'interasse delle due canne è prevalentemente di 40 m ad eccezione di un tratto compreso tra le pk 48+000 e pk 57+800 circa all'interno del quale l'interasse è stato allargato a 50 m; per l'intera galleria le canne sono collegate tra di loro da by-pass trasversali a passo 500 m per consentire l'esodo dei passeggeri.

Tra le pk 57+195 e 57+605 è stato inserito un luogo sicuro intermedio dotato di marciapiedi FFP di lunghezza L=410 m. L'esodo all'aperto dei passeggeri avviene attraverso la finestra F1 direttamente collegata con la viabilità locale attraverso un piazzale di sicurezza.

L'uscita della finestra F1 si trova in località Contrada Stratola, in corrispondenza dell'uscita della galleria sono stati ubicati anche i piazzali tecnologici e la nuova SSE di Ariano Irpino.

La linea AV/AC è progettata nel tratto allo scoperto (stazione di Orsara) con una velocità di tracciato di 200 Km/h, con una velocità di 250 Km/h per tutto il restante tracciato in galleria per poi riscendere a 200 Km/h in corrispondenza del camerone di Hirpinia proprio per l'approssimarsi alla stazione di Hirpinia.

Lungo la galleria sono previste alcune finestre costruttive necessarie per la realizzazione con il metodo tradizionale dei tratti di galleria.

Uscito dalla galleria il tracciato termina alla pk 68+953.375 (BP), coincidente con la pk 0+700 della tratta Apice – Hirpinia, in prossimità dei tronchini per l'attestamento dei treni da e per Napoli previsti nella stazione di Hirpinia di 1^ fase.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 6 di 23

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

IF3A.0.2.E.ZZ.RH.GN.01.0.0.008	GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.001	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 1/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.002	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 2/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.003	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 3/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.004	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 4/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.005	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 5/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.006	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 6/7
IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.01.0.0.007	GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera - Tav 7/7
IF3A.0.2.E.ZZ.WB.GN.01.0.0.001	GN Meccanizzato - Sezioni tipo di monitoraggio
IF3A.0.2.E.ZZ.CL.GN.00.0.0.001	Relazione sulla valutazione delle subsidenze e verifica degli effetti indotti sulle interferenze in superficie
IF3A.0.2.E.ZZ.CL.GN.00.0.0.002	Relazione sulla valutazione delle subsidenze e verifica degli effetti indotti sulle interferenze in superficie - Allegati

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 GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 7 di 23

3 SISTEMA DI MONITORAGGIO

Si prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio strumentale in grado di valutare il comportamento degli anelli di rivestimento in conci prefabbricati. Nel settore centrale della galleria, caratterizzato dalla presenza di ammassi appartenenti alle Formazioni del Complesso Caotico, in presenza di elevati ricoprimenti, prevede anche strumentazione finalizzata a monitorare il comportamento deformativo dell'anello di rivestimento e dell'ammasso al contorno del cavo, secondo i criteri di migliororia proposti in sede di offerta tecnica di gara.

La strumentazione predisposta è relativa al controllo dei seguenti parametri:

- Il carico idraulico a tergo dei rivestimenti
- Lo stato tensionale dei rivestimenti in opera.
- Le deformazioni dell'ammasso nell'intorno delle gallerie
- Il comportamento deformativo degli anelli prefabbricati

A tal fine è stata prevista la messa in opera di:

- N°116 stazioni di misura dei carichi idraulici a tergo dei rivestimenti (STAZIONE DI MONITORAGGIO TIPO "A").
- N°116 stazioni misura dello stato tensionale, mediante posa di 8 coppie di barrette estensimetriche saldate alle armature e 2 celle di carico posizionate in corrispondenza del giunto longitudinale dei conci (STAZIONE DI MONITORAGGIO TIPO "B");
- N°36 stazioni di monitoraggio delle deformazioni dell'ammasso, mediante l'utilizzo di 3 estensimetri a 4 basi di misura (4/8/12/16m) (STAZIONE DI MONITORAGGIO TIPO "C")
- N° 18 stazioni di monitoraggio delle deformazioni degli anelli prefabbricati, mediante array di clinometri lungo il profilo della calotta (STAZIONE DI MONITORAGGIO TIPO "D")

Le stazioni di misura dei carichi idraulici e dello stato tensionale sono distribuite lungo l'intero tracciato della galleria, mentre le 36 stazioni di monitoraggio delle deformazioni dell'ammasso e degli anelli prefabbricati sono focalizzate al tratto centrale di galleria nelle formazioni del Complesso Caotico (dove il Progetto Definitivo prevedeva il ricorso allo scavo con metodologia tradizionale).

Nelle figure seguenti si riporta lo schema indicativo della disposizione della strumentazione.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B FOGLIO 8 di 23

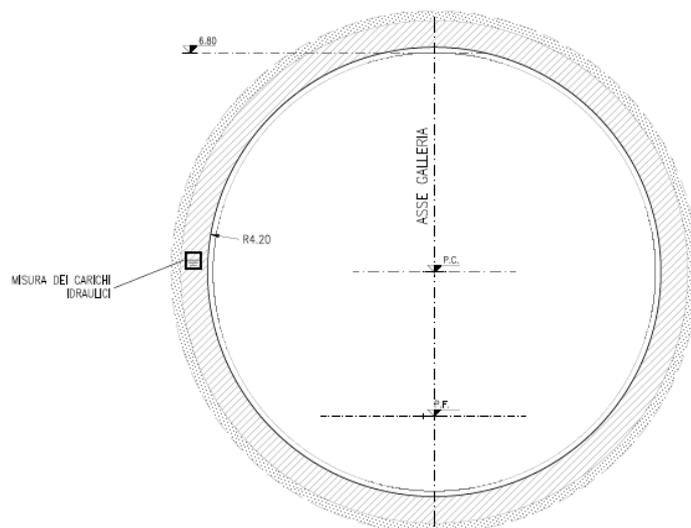


Figura 1-2 – Esempio di stazione di misura dei carichi idraulici (STAZIONE TIPO “A”)

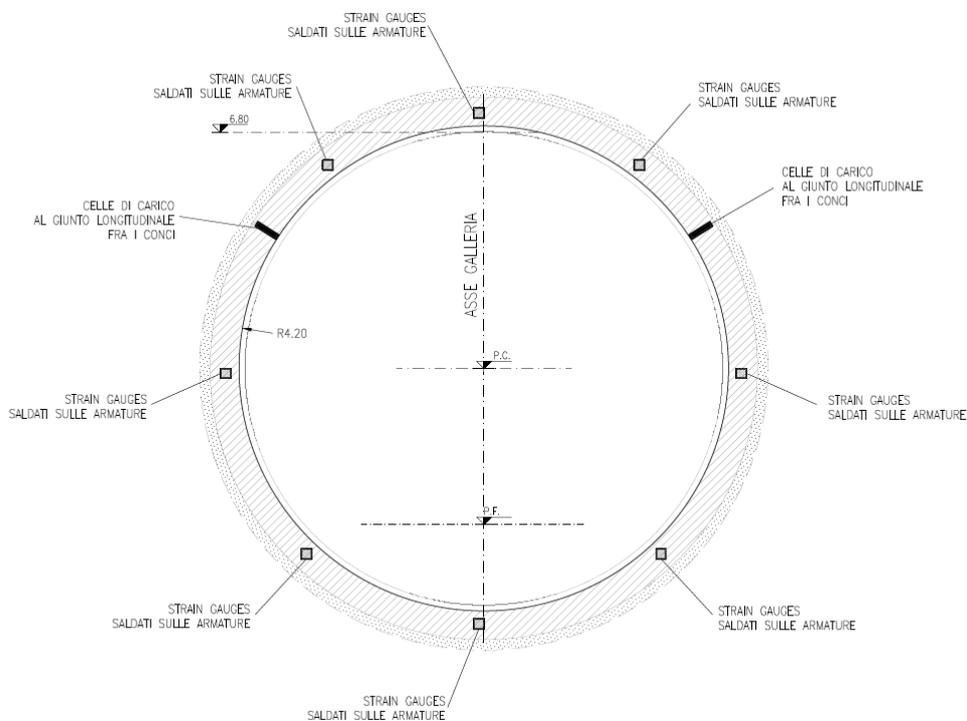


Figura 1-3 – Esempio di stazione di misura dello stato tensionale (STAZIONE TIPO “B”)

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PIZZAROTTI							
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
Mandanti NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA							
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 10 di 23

La posizione finale della strumentazione verrà compiutamente definita in fase di progetto esecutivo di dettaglio. La disposizione planimetrica della strumentazione al momento prevista viene indicata negli elaborati “GN Meccanizzato - Planimetria di monitoraggio in corso d'opera”, ed è stata disposta scegliendo le condizioni geomeccaniche e di ricoprimento più significative (in linea con le sezioni di calcolo dimensionanti le strutture di rivestimento).

Le 116 sezioni strumentate con il monitoraggio dei carichi idraulici (monitoraggio tipo A) e quello dello stato tensionale (monitoraggio tipo B), verranno affiancate, nel settore centrale della galleria, dal monitoraggio delle deformazioni dell'ammasso (monitoraggio tipo C) e da quello delle deformazioni del rivestimento definitivo (monitoraggio tipo D). Tale scelta è dovuta alle particolari condizioni geomeccaniche del terreno, abbinate alle elevate coperture.

Nello specifico, alle sezioni comprese tra la sezione 44 e la 79 viene prevista l'intensificazione del monitoraggio mediante l'aggiunta di una stazione di monitoraggio delle deformazioni dell'ammasso (monitoraggio tipo C), per un totale di 36 stazioni di misura aggiuntive. A tale intensificazione, viene previsto un ulteriore incremento di monitoraggio su 18 sezioni nelle quali verrà valutata la deformazione degli anelli di rivestimento (monitoraggio tipo “D”); il monitoraggio di tipo D viene previsto in corrispondenza delle sezioni 47, 48, 51, 52, 55, 56, 60, 61, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 74 e 75.

Laddove si è prevista la sovrapposizione di più sezioni di monitoraggio (tipo A, B, C e D), si è valutato di intervallare i singoli anelli strumentati da 1 anello non strumentato, così da limitare possibili interferenze nelle letture dovute all'installazione di altri strumenti. La figura seguente riporta uno schema tipologico rappresentativo; in questo modo è possibile disporre di sezioni rappresentative per le quali combinare i dati di monitoraggio raccolti relativamente allo stato tensionale, deformativo e piezometrico.

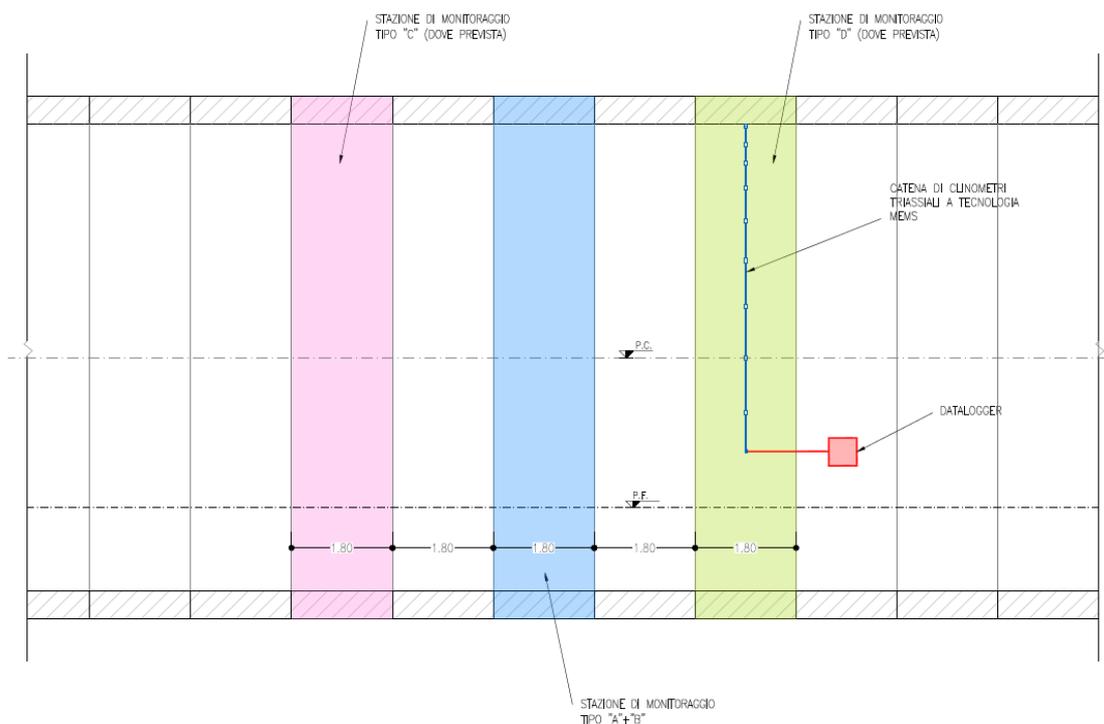


Figura 1-6 – Esempio di disposizione longitudinale delle sezioni di monitoraggio

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 11 di 23

4 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

Si descrivono di seguito le caratteristiche salienti della strumentazione sopra descritta.

Ulteriori dettagli sono riportati sui capitolati di appalto.

4.1 BARRETTE ESTENSIMETRICHE

Viene misurata la deformazione, lungo la direzione di massima lunghezza, dello strumento, tramite le variazioni di frequenza indotte nel sensore a corda vibrante.

Gli estensimetri a corda vibrante sono costituiti da un filo d'acciaio, teso tra due supporti ancorati alla struttura da monitorare e messo in vibrazione da un elettromagnete. Le deformazioni della struttura causano un analogo movimento dei due supporti, facendo variare il tensionamento del filo

Nel seguito le principali caratteristiche tecniche tipo:

- Tipo di trasduttore: corda vibrante
- Range di misura: 3000 $\mu\epsilon$
- Sensibilità: 1,0 $\mu\epsilon$
- Accuratezza: <0.1% F.S.
- Non linearità: migliore dello 0.5% F.S.
- Temperatura di funzionamento: -30° C - +90° C
- Sensore di temperatura integrato NTC 3k Ω
- Resistenza della bobina: 150 Ω
- Frequenza tipica: 800 Hz
- Segnale di uscita: Hz
- Coefficiente di dilatazione termico: 12.2 $\mu\epsilon/^\circ\text{C}$

Il campo di misura e la precisione richiesta per le barrette estensimetriche a corda vibrante è il seguente:

- campo di misura -2500 ÷ +2500 $\mu\epsilon$
- sovrapp. massima 20 % F.S.
- precisione \leq 1% F.S.
- segnale di uscita 4÷20 mA

Ulteriori dettagli in merito, anche in relazione alla procedura di installazione, saranno forniti in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

A partire dalla deformazione misurata sarà poi possibile risalire in maniera indiretta allo stato tensionale agente.

In particolare, lo stato tensionale può essere ricavato con riferimento alla legge di Hooke $\sigma = E \cdot \epsilon$, dove:

- σ : stato tensionale in [MPa] nella fibra di calcestruzzo o acciaio.
- E : modulo elastico del calcestruzzo (se $\epsilon < 0$) o dell'acciaio (se $\epsilon > 0$) in [MPa]
- ϵ : deformazione della barretta estensimetrica

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 GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 12 di 23

4.1.1 Restituzione dei dati

I dati misurati, elaborati da un apposito software, saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di deformazione rispetto al tempo;
- Variazioni di deformazione rispetto alla temperatura.

I dati elaborati per ciascuna stazione dovranno essere disponibili alla consultazione entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo.

È richiesta altresì una copia di tali dati su supporto magnetico.

4.2 CELLE DI CARICO

La cella di carico tipo è costituita da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da una serie di griglie estensimetriche (strain-gauges) applicate alla superficie interna del corpo stesso e isolate.

Una piastra di acciaio permette l'omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella.

La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dagli strain-gauges e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente.

Nel seguito le principali caratteristiche tecniche tipo:

- Campo di misura: 1900-3000 kN $\mu\epsilon$
- Sensibilità nominale: 2.0mV/V +/-0.1%
- Piatto cella: sensibilizzata con n.16 strain gauges
- Ripetibilità: >+/-0.02% F.S.
- Carico ammesso: 150% F.S.
- Carico di rottura: 300% F.S.
- Grado di protezione: IP 67
- Alimentazione elettrica: 5-10 Vcc
- Materiale: acciaio inox
- Temperatura di funzionamento: -20° C - +70° C
- Freccia massima a carico: 0.4mm
- Isolamento: >5.000 m Ω
- Compensazione in temperatura: -10°C/+60°C
- Effetto della temperatura sullo 0 (5°C): <±0.02% F.S.
- Effetto della temperatura sulla sensibilità (5°C); <±0.005% F.S.
- Sonda termometrica per il rilevamento della temperatura

Gli strumenti saranno scelti con caratteristiche analoghe, in modo da garantire una precisione coerente con le eventuali soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

A partire dalla deformazione misurata sarà poi possibile risalire in maniera indiretta allo stato tensionale agente.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 13 di 23

In particolare, lo stato tensionale può essere ricavato con riferimento alla legge di Hooke $\sigma = E \cdot \varepsilon$, dove:

- σ : stato tensionale in [MPa] nella fibra di calcestruzzo o acciaio.
- E : modulo elastico del calcestruzzo (se $\varepsilon < 0$) o dell'acciaio (se $\varepsilon > 0$) in [MPa]

ε : deformazione della barretta estensimetrica

4.2.1 Restituzione dei dati

Contemporaneamente alle letture dei carichi si dovranno eseguire le misure con cella termometrica.

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di carico rispetto al tempo;
- Variazioni di carico rispetto alla temperatura.

I dati elaborati dovranno essere disponibili alla consultazione entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo. È richiesta altresì una copia di tali dati su supporto magnetico.

4.3 STRUMENTO PER LA MISURA DEL CARICO IDRAULICO

Si prevede la realizzazione di una perforazione del diametro minimo di 100-110 mm, al fine di installare un tubo da 90 mm attrezzato con un manometro per la misura delle pressioni. La lunghezza del tubo deve essere di 80-90 cm circa, al fine attraversare il cono di rivestimento e l'eventuale miscela di riempimento a tergo, così da essere a contatto con l'ammasso. Qualora il riempimento fosse eseguito con pea-gravel, la perforazione ed il tubo devono raggiungere lo strato di pea-gravel.

Ulteriori specifiche tecniche di dettaglio saranno definite in sede di progetto esecutivo di dettaglio.

4.3.1 Restituzione dei dati

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella, con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di carico idraulico rispetto al tempo.

4.4 ESTENSIMETRO MULTIBASE

L'estensimetro multibase da foro è costituito da una o più aste di vetroresina alla cui estremità è posizionato il punto di misura costituito da una barra in acciaio a aderenza migliorata, ancorata in profondità all'interno di perforazioni e libera di scorrere all'interno di una guaina in nylon rilsan. Le aste trasmettono rigidamente il movimento degli ancoraggi profondi rispetto alla testa. Tali spostamenti relativi sono misurabili utilizzando un semplice calibro oppure possono essere acquisiti utilizzando trasduttori elettrici di spostamento lineare remotizzabili.

Questo strumento consente di rilevare lungo lo stesso asse spostamenti a profondità diverse rispetto alla bocca foro.

L'estensimetro multibase viene largamente impiegato per la misura del bulbo di deformazione in galleria.

Nel caso in esame, si misura la deformazione dell'ammasso mediante l'utilizzo di 3 strumenti ognuno costituito da 4 basi di misura di diversa lunghezza (4/8/12/16m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 14 di 23

Le caratteristiche tecniche tipo risultano essere le seguenti:

Asta di collegamento:

- Materiale: vetroresina
- Coefficiente di dilatazione termico: $5,0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
- Diametro 7mm
- Guaina protettiva. Rilsan
- Peso: 0.2kg

Ancoraggio profondo:

- Diametro ancoraggio: 16mm
- Lunghezza: 400mm
- Materiale: acciaio

Testa di misura

- materiale acciaio - pvc
- campi di misura $0 \div 50\text{mm}$
- tipo trasduttore potenziometrico
- sensibilità 0.02% f.s.
- precisione $\pm 0.3\%$ f.s.

Gli strumenti saranno scelti in modo da garantire una precisione sul risultato finale di almeno 0.5mm. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

4.4.1 Restituzione dei dati

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di deformazione rispetto al tempo delle singole basi di misura.

4.5 CATENA DI CLINOMETRI TRIASSIALI

La strumentazione è costituita da un array di clinometri 3D, a passo 0.5 m, ad acquisizione automatica installati lungo il profilo della calotta, i quali trasmettono i dati ad un datalogger/gateway secondo frequenze stabilite.

Ogni clinometro consta di una barra di alluminio alla quale è applicato un sensore accelerometrico triassiale a tecnologia MEMS con trasmissione dati wireless. La catena continua di strumenti sarà fissata con staffa di supporto alla parete. Alle estremità della singola catena è opportuno installare due microprismi ottici, al fine di poter controllare se necessario, lo spostamento in 3D dei sensori di partenza e di arrivo dell'array. I sensori, di ultima generazione, misurano le inclinazioni e temperature. Gli strumenti saranno collegati alla specifica unità di acquisizione (PC N0de) dotata di specifico software (tMOn) in grado di elaborare e restituire il profilo deformativo. Sensori interconnessi da cavo segnale.

Le caratteristiche tecniche (modello tShape) risultano essere le seguenti:

- Tipo di sensore: MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems) triassiale
- Lunghezza della barra 500-1000 mm
- Materiale della struttura alluminio

APPALTATORE: <u>Consorzio</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>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0100 008</td> <td>B</td> <td>15 di 23</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 008	B	15 di 23
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 008	B	15 di 23													
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio																		

- Protezione strumento IP66/IP67
- IP68 (1m per 24h)
- Scala di misurazione $\pm 90^\circ$
- Risoluzione 0.0001° (0.00175mm/m)
- Accuratezza: $\pm 1.5\text{mm}$ for 32 m
- Ripetibilità $\pm 0.0005^\circ$ ($\pm 0.0087\text{mm/m}$)
- Range temperatura -40°C to $+85^\circ\text{C}$
- Deriva termica: $0.01\% / ^\circ\text{C}$

4.5.1 Restituzione dei dati

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di deformazione rispetto al tempo;
- Variazioni di deformazione rispetto alla temperatura.

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 GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 17 di 23

6 DEFINIZIONE DEI VALORI DI SOGLIA

Quale valore di soglia per la tensione nei conci prefabbricati si fissa il valore di 15 MPa per i conci realizzati con calcestruzzo della classe C35/45, conci tipo 1, mentre si fissa il valore di 22 MPa per quelli realizzati con calcestruzzo di classe C50/60, conci tipo 2 (valori di controllo della tensione massima di compressione nelle condizioni di esercizio, come da normativa vigente - NTC18, cap 4.1.2.2.5.1). Situazioni puntuali superiori saranno valutate in considerazione di una valutazione complessiva dei dati di monitoraggio e di eventuali indagini mirate.

Per il carico idraulico a tergo dei rivestimenti si considera come valore di soglia di allarme una pressione pari a 8-10 bar, ovvero corrispondente ad un carico piezometrico di 80-100 m d'acqua, valore assunto nelle verifiche statiche dei conci. Valutazioni circa l'efficacia degli interventi di drenaggio predisposti saranno condotti già con valori di carico piezometrico dell'ordine dei 6-8 bar, che viene considerata come soglia di attenzione.

Riguardo allo stato deformativo, le stazioni predisposte (stazione tipo C e D) sono volte a misurare le deformazioni dell'ammasso e del cavo a seguito dell'esecuzione dello scavo e della posa del rivestimento definitivo con anelli di conci prefabbricati; parte delle deformazioni nell'ammasso al contorno del cavo saranno esaurite nel settore di interazione ammasso-scudo-riempimento a tergo dei conci. Si considerano valori di soglia pari a 50-80 mm nell'ammasso, in funzione delle coperture presenti, valori di convergenza radiale pari a 10-20 mm per l'anello di rivestimento. Valutazioni più accurate saranno condotte nella fase progettazione di dettaglio mediante specifiche back-analyses.

7 MISURE DI INTERVENTO

Misure di intervento in merito al superamento della soglia di tensione nei conci prefabbricati, saranno definite alla luce dei valori di monitoraggio riscontrati, attesa la stabilizzazione del dato.

Per quanto riguarda il monitoraggio dei carichi idraulici, al raggiungimento della soglia di attenzione si procederà alla verifica visiva del concio in corrispondenza della strumentazione, valutando tra le altre cose la tenuta delle guarnizioni. Al fine di escludere eventuali errori di misura, si procederà poi al controllo dei carichi idraulici delle sezioni di monitoraggio nelle vicinanze (sezione precedente, sezione successiva, sezioni in corrispondenza della canna opposta). Se il superamento della soglia di attenzione venisse confermato, si procederà al controllo delle ipotesi di calcolo nella sezione in esame, alla stima del carico agente nella sezione (mediante le stazioni di monitoraggio per il rivestimento definitivo nelle vicinanze) e verrà incrementata la frequenza di lettura ad 1 lettura al giorno.

Al superamento della soglia di allarme, verranno invece messi in opera delle azioni correttive, come a titolo puramente esemplificativo, l'installazione di drenaggi aggiuntivi nel settore ove si è registrato il superamento. La tipologia di intervento e l'entità di quest'ultimo verrà decisa a seguito della valutazione del carico, di eventuali considerazioni integrative nonché di eventuali ulteriori analisi numeriche.

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>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0100 008</td> <td>B</td> <td>18 di 23</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 008	B	18 di 23
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 008	B	18 di 23													
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio																		

8 PROGRAMMA DI MONITORAGGIO IN CORRISPONDENZA DELLE INTERFERENZE

A seguito dello studio sulle interferenze effettuato nell'elaborato "Relazione sulla valutazione delle subsidenze e verifica degli effetti indotti sulle interferenze in superficie", ed in analogia a quanto già previsto da PD, non si prevede allo stato attuale un monitoraggio superficiale in corrispondenza degli edifici interferenti con lo scavo meccanizzato.

Viene però prevista la messa in opera un monitoraggio superficiale in corrispondenza dell'intersezione planimetrica tra la strada SS90 e lo scavo meccanizzato delle gallerie, mediante posa in opera di capisaldi topografici.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla relazione "Relazione sulla valutazione delle subsidenze e verifica degli effetti indotti sulle interferenze in superficie" e agli elaborati richiamati nella stessa.

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PIZZAROTTI						
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF			
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 19 di 23

9 PIATTAFORMA DI GESTIONE DATI

Nel presente capitolo viene illustrato il sistema di monitoraggio che verrà utilizzato nella tratta in Variante, compresa tra le pk 50+128 BP – pk 57+962 BP e pk 50+153 BD – pk58+027 BD. Per tale settore, per il quale la realizzazione delle gallerie era effettuata, nell’ambito del progetto a base gara, con sistema tradizionale, si era previsto, nell’ambito dell’offerta tecnica, un’integrazione del sistema di monitoraggio, volto ad un migliore controllo della risposta tensio-deformativa dell’ammasso e dei rivestimenti durante ed a seguito dello scavo. Si era inoltre prevista l’adozione di una piattaforma dati in grado di facilitare la raccolta e condivisione dei dati.

Lo stesso approccio, di offerta migliorativa, viene ora impiegato per la medesima tratta di galleria, caratterizzata da terreni appartenenti a formazioni di scadenti caratteristiche geomeccaniche, ancorché lo scavo è ora proposto, nell’ambito del presente Progetto Esecutivo, con sistema meccanizzato.

Nel seguito si descrive in dettaglio la piattaforma di gestione dati che si intende adottare.

9.1 DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Per la gestione dei dati di monitoraggio e dei dati raccolti durante l’avanzamento della TBM (si veda in proposito la relazione “Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento”) si prevede l’impiego di una piattaforma di condivisione e visualizzazione integrata **3D Web-GIS ESRI**, come descritto nel seguito, in aggiunta ad una piattaforma specifica per il monitoraggio web-based, che provvederà principalmente all’archiviazione delle misure di monitoraggio, alla loro validazione e gestione e al trasferimento delle informazioni salienti alla piattaforma di condivisione e visualizzazione integrata Web-GIS ESRI.

La piattaforma di monitoraggio sarà appositamente configurata per l’archiviazione, l’elaborazione, la gestione e la fruizione dei dati di monitoraggio acquisiti e per la gestione ed il controllo dello stato degli strumenti. La piattaforma gestirà ed integrerà in un unico ambiente tutte le misure e i dati provenienti dai vari sensori e sistemi di controllo topografico, geotecnico e strutturale, materializzando un archivio real-time di tutte le misure, elaborate e restituite secondo algoritmi e rappresentazioni grafiche predefinite, fruibili in maniera intuitiva e rapida, via web in ambiente georeferenziato, da diversi utenti con diversi livelli impostati di accesso alle informazioni. La piattaforma di condivisione Wb-GIS ESRI accoglierà in tempo reale non solo i dati del monitoraggio, ma anche le informazioni sull’andamento delle lavorazioni e sui dati TBM. La piattaforma incorporerà anche la funzione di repository documenti, immagini, etc., con l’opportunità di archiviare tutta la documentazione necessaria al progetto, dalle tavole progettuali alle relazioni in avanzamento, come mostrato nella seguente figura.



Figura 9-1. Funzioni della piattaforma di monitoraggio

La visualizzazione delle misure acquisite avverrà in tempo reale e un’interfaccia web Gis faciliterà la visualizzazione e l’accesso ai dati fornendo una visualizzazione immediata della posizione e dello stato delle informazioni, oltre ad altre informazioni correlate. In tal modo l’utente (Progettista, Direttore Lavori o tecnico in cantiere) potrà disporre in tempo reale di un quadro completo e continuo delle misure effettuate che gli consentirà una immediata e chiara comprensione ed interpretazione dei fenomeni in atto in relazione alla dinamica delle

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B FOGLIO 20 di 23

lavorazioni in cantiere. Sarà ad esempio possibile definire azioni correttive o calibrare i parametri operativi impostati progettualmente. In caso di allerta saranno condotte ispezioni in cantiere e back-analysis dei risultati osservati al fine di approfondire i fenomeni osservati per valutare la necessità di adottare misure correttive.

La piattaforma dovrà essere infatti in grado di attivare allarmi real-time in caso di superamento di soglie di preallerta, allerta, allarme, in modo automatico dandone pronta comunicazione alle persone preposte e riducendo quindi i tempi di intervento, garantendo una maggiore sicurezza durante le operazioni e favorire, in caso di criticità, l'immediata attivazione delle opportune procedure. Nei seguenti capitoli vengono fornite informazioni più dettagliate dei seguenti aspetti: archiviazione dei dati, funzionalità di allarme e visualizzazione, integrazione nel sistema GIS e BIM (ESRI). Tali aspetti saranno comunque più in dettaglio definiti durante la fase di Progettazione Esecutiva di Dettaglio, allorché si imposteranno anche le operatività di cantiere.

9.2 ARCHIVIAZIONE E GESTIONE DEI DATI

La piattaforma gestirà i dati rilevati da qualsiasi tipo di sensore, attraverso moduli dedicati sia all'acquisizione delle misure automatiche che ai rilievi manuali.

I dati acquisiti saranno archiviati su un server fisico protetto, in un database MySQL dall'architettura stabile e funzionale, e verranno resi immediatamente disponibili per l'elaborazione e la visualizzazione web e relativa integrazione GIS e BIM (Figura seguente).

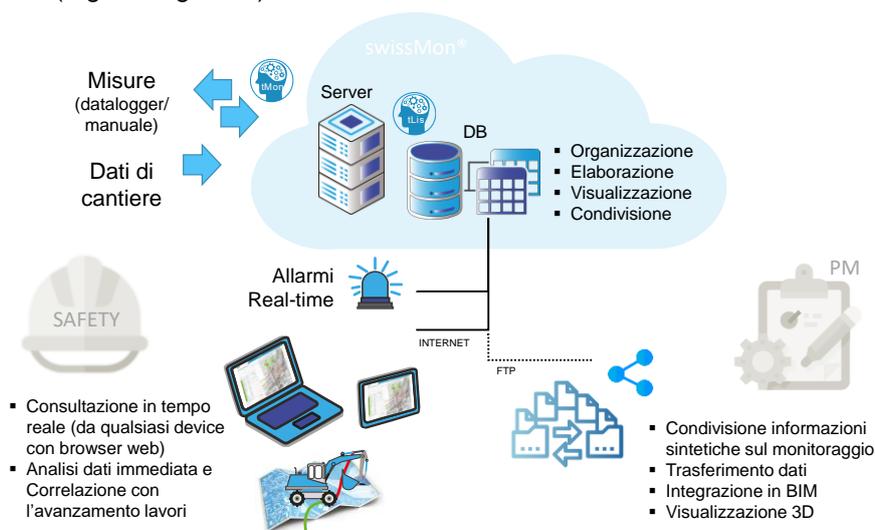


Figura 9-2. Schema di funzionamento

La gestione dei dati acquisiti in modalità automatica sarà operata da appositi moduli che consentiranno di importare qualsiasi tipologia e/o formato di file trasmesso dalle unità in sito.

Attraverso funzioni di auto-diagnostica del sistema, la piattaforma di monitoraggio, oltre alla ricezione dei dati acquisiti, eseguirà un controllo qualitativo e funzionale sull'operatività ed il funzionamento dei sistemi on site, sia per la validazione sia per segnalare eventuali anomalie attraverso allarmi di stato.

In tal modo l'operatore addetto al monitoraggio avrà un controllo continuo e real-time non solo sui dati acquisiti ma anche sul corretto funzionamento di tutto il sistema installato, potendo intervenire in maniera precisa e sistematica in caso di eventuali malfunzionamenti o anomalie. In tal modo si annulla la probabilità di avere lacune di acquisizione dati per avaria degli strumenti che possono risultare rischiose in presenza di fenomeni deformativi caratterizzati da non trascurabili velocità di sviluppo.

Eventuali misure e rilievi acquisiti manualmente saranno inseriti in piattaforma attraverso un applicativo browser configurato per l'upload dei rilievi, con interfaccia standard di trasferimento e utilizzo per tutti gli operatori in campo. L'APP potrà essere utilizzata direttamente sul campo con un tablet o un notebook accedendo alla piattaforma con il

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. FOGLIO B 21 di 23

proprio username e password. I dati inseriti verranno esportati immediatamente in un formato idoneo all'archiviazione, inviati in tempo reale e resi istantaneamente visualizzabili in piattaforma.

La piattaforma sarà in grado di inviare e ricevere i dati contenuti nel proprio archivio database da/a server utilizzando protocolli di comunicazione specifici, consentendo in tal modo sia l'implementazione del sistema con dati provenienti da fonti esterne (funzioni di import; es. valore pk di avanzamento, parametri e livelli macchina) sia di alimentare in modo continuativo gli archivi ed i database di sistemi esterni, come nel caso specifico la soluzione webGIS di ESRI.

9.3 SISTEMI DI ALLARME

Il sistema sarà sempre attivo 24 ore al giorno, 7 giorni a settimana, per tutti i giorni dell'anno (7/24/365), eseguirà il controllo ed il backup continuo dei dati acquisiti ed effettuerà un Quality Check del dato attraverso più livelli di procedure automatizzate, in modo tale che il dato visualizzato in piattaforma sia sempre validato.

La piattaforma consentirà di evidenziare e gestire soglie di attenzione e di allarme attivando, al raggiungimento di esse, le azioni predefinite (invio di e-mail, SMS, particolari visualizzazioni grafiche).

In particolare, per ogni strumento e per ogni rispettiva componente di misura possono potranno essere configurate fino a 3 soglie distinte. I livelli di allarme sono, dal più basso al più alto:

- soglia di pre-allerta (attenzione, Livello 1);
- soglia di allerta (Livello 2);
- soglia di allarme (intervento, Livello 3).

Gli allarmi saranno gestiti in maniera differenziale a seconda del tipo di strumento o del tipo di parametro macchina (ad esempio pressione in camera di scavo, spinta TBM, pressioni delle celle di controllo sugli scudi ...), del livello di allarme e dei gruppi di destinatari richiesti. Per ogni sensore sarà di fatto possibile definire:

- la persona o il gruppo di persone a cui l'allarme dovrà essere indirizzato;
- procedure da attivare in caso di mancata risposta al messaggio di allarme (ripetizione dell'allarme, gruppi di destinatari "in cascata").

Gli allarmi potranno essere inviati sia via email che SMS.

In un contesto geotecnico molto delicato con alte possibilità di fenomeni deformativi importanti, questo processo garantirà il controllo in continuo e in tempo reale degli effetti dello scavo, ovvero l'individuazione tempestiva di eventuali fenomeni deformativi, con conseguente mitigazione dei rischi. I tecnici potranno quindi intervenire prontamente implementando le misure richieste. Il sistema di alarming promuove quindi la riduzione dei tempi di risposta ed interventi correttivi immediati, con l'obiettivo di minimizzare gli effetti indotti.

9.4 VISUALIZZAZIONE DEI DATI MEDIANTE PIATTAFORMA WEBGIS

L'accesso alla piattaforma avverrà tramite browser web, da qualsiasi device di normale utilizzo (pc, tablet, smartphone), attraverso autenticazione con user e password. Ogni utente avrà un'abilitazione personalizzata che consentirà una visualizzazione diversificata delle informazioni.

La schermata principale, da definirsi in dettaglio, dovrà consentire di visualizzare:

- il riquadro di riepilogo delle misure di monitoraggio e dei dati di costruzione, che consente la selezione delle misure e dei dati da visualizzare in base all'identificativo del target oppure tramite funzioni di filtraggio avanzato che permettono di ricercare il target di interesse per tipologia di strumento oppure in base allo stato.
- il riquadro della mappa di base, georeferenziata, con l'indicazione planimetrica dei target. La selezione dei target di interesse può avvenire cliccando sul simbolo rappresentato sulla mappa. Una volta selezionato il target, nella parte centrale dello schermo apparirà il grafico della serie temporale o del profilo delle misure, con le relative soglie.

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PIZZAROTTI						
PROGETTAZIONE: Mandatario ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF			
M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 008	REV. B	FOGLIO 22 di 23

La visualizzazione georeferenziata dei target è configurabile su planimetria di progetto o su mappa satellitare, con la possibilità di visione sovrapposta o in trasparenza. Per quanto attiene alla strumentazione di monitoraggio, il colore del target (punto di misura) posizionato sulla mappa varierà in funzione dell'eventuale superamento di soglia fornendo così una visualizzazione immediata dello stato delle misure (misura nei limiti, superamento preallerta, allerta, allarme).

9.5 INTEGRAZIONE PIATTAFORMA WEBGIS CON SISTEMA BIM

La presenza di diversi sistemi di acquisizione dati (monitoraggio, dati macchina di avanzamenti, acquisizione immagini, reportistica di cantiere) richiede un sistema integrato che faciliti la consultazione delle informazioni sfruttando anche le potenzialità del modello BIM dell'opera, redatto in fase di progettazione esecutiva, e la georeferenziazione del dato all'interno del contesto geografico.

Si prevede quindi l'adozione di una piattaforma che inglobi queste caratteristiche sviluppata in ambiente ESRI ArcGIS. La piattaforma sarà una sorta di collettore di informazioni provenienti da diversi sistemi e tali informazioni saranno reperibili presso gli oggetti virtuali che costituiscono il modello BIM dell'opera.

Alla base di questa scelta ci sono alcune motivazioni, già espone nell'offerta tecnica metodologica di gara, che vengono qui sintetizzate:

- la piattaforma ArcGIS di Esri è il sistema GIS più diffuso a livello mondiale. Il suo sviluppo e il rilascio di aggiornamenti avvengono in conformità con i più elevati standard a livello internazionale. Ciò la rende idonea all'utilizzo in contesti la cui durata dei lavori è significativa con l'esigenza di disporre di strumenti affidabili e sempre disponibili.
- Esri ha stretto con Autodesk una partnership che ha portato ad una stretta integrazione tra le relative tecnologie e l'implementazione di workflow comuni. La piattaforma ArcGIS di Esri è interoperabile con i modelli BIM generati con strumenti Autodesk.
- La piattaforma Esri sarà predisposta per permettere l'archiviazione strutturata e sistematica dei dati di monitoraggio, as-built geologico e costruttivo in un unico ambiente, utilizzabile anche in futuro per pianificare gli interventi di manutenzione in fase di esercizio dell'opera.

Più in dettaglio, ArcGIS è a tutti gli effetti una piattaforma 3D GIS, consentendo analisi, rappresentazioni, gestione dati in tre dimensioni con la massima flessibilità e completezza. La rappresentazione 3D avviene nelle Web apps mediante Web Scenes (in contrapposizione con le Web Maps dedicate alla rappresentazione bidimensionale della realtà) nelle quali gli elementi vengono rappresentati con le relative caratteristiche geometriche e tecniche. Sono utilizzabili in maniera integrata diverse tipologie di informazioni quali 3D multipatch features, DTM, LAS (nuvole di punti), BIM, ecc. Con tali elementi possono essere operate analisi sofisticate quali la loro evoluzione nel tempo, calcoli di volumi, analisi di visibilità, ecc.

Si prevede l'integrazione del sistema di monitoraggio e dati in ambiente BIM, includendo la dimensione temporale dei dati registrati.

Il processo di integrazione è basato sul flusso di lavoro illustrato nella Figura 9.3: Le fasi di sviluppo del Building Information Modeling vengono trasferite nell'ambiente GIS al fine di gestire le parti d'opera e i relativi strumenti di monitoraggio in maniera ottimale, sfruttando le logiche di georeferenziazione e di contestualizzazione nel territorio.

